

II. 分 担 研 究 報 告

食品中の放射性物質等検査システムの評価手法の検討

山田 崇裕

厚生労働科学研究費補助金（食品の安全確保推進研究事業）

食品中の放射性物質等検査システムの評価手法の開発に資する研究(23KA1006)

令和5年度 研究分担報告書

食品中の放射性物質等検査システムの評価手法の検討

研究代表者 片岡 洋平 国立医薬品食品衛生研究所 生化学部 第一室長

研究分担者 山田 崇裕 近畿大学原子力研究所 教授

研究要旨

福島第一原子力発電所事故の影響による食品中の放射性セシウム測定について、近年試料を前処理せずそのまま測定する非破壊式放射能測定装置が開発され利用されている。このような装置による測定は、設計上想定した試料の配置や放射性物質の分布のばらつき範囲において測定を行うことが重要となる。本研究では、同一の実試料を用いて異なる機種種の非破壊式装置による測定と Ge 検出器を用いた公定法による測定結果との比較検討を主に進め、その成果を基に令和3年及び4年3月に事務連絡「非破壊検査法による食品中の放射性セシウムスクリーニング法について」が厚生労働省医薬・生活衛生局食品監視安全課より発出され、マツタケ及び皮付きタケノコについて非破壊式放射能測定装置を利用した検査が可能となった。令和5年3月には、ナメコ、ナラタケ及びムキタケが検査対象品目に追加された。本研究では、この非破壊式装置による検査対象とする試料のさらなる適用拡大を検討すべく、令和5年度は野生キノコ全43種245検体及び山菜類2種62検体を収集し比較測定した。これらについて100 Bq/kg に対するスクリーニング検査への適用性について、本年度を含む過去5年間（令和元年～5年）のデータを用いて回帰直線の予測区間による方法を用いて検討し、99%予測区間の上限値が100 Bq/kg の場合の予想される試料の放射能濃度を評価した。また、適用種拡大に向けた評価手法の検討として、栽培種（原木シイタケ）を用いた適用性評価に関する検討、ファントムを用いた手法の検討及び野生キノコのグルーピング評価に向けた検討を進めた。

検討の結果、機種及び品目によって異なるが、クリタケ、コシアブラについて、すでに非破壊式検査の適用種となっている品目と同等レベルのスクリーニングレベルが確保可能であることが分かった。

研究協力者

蜂須賀 暁子 国立医薬品食品衛生研究所 生化学部 主任研究官

八戸 真弓 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 食品研究部門食品流通・安全研究領域 食品安全・信頼性グループ 主席研究員

A. 研究の背景と目的

食品中の放射性物質の測定は、従来 Ge 検出器を用いた γ 線スペクトロメトリーによる方法が一般に用いられている。環境中に存在する放射性核種を効率よく、そして正確に分離・定量するための方法として、環境試料等の放射能分析・測定方法の基準となる「放射能測定法シリーズ」[1]が国（文部科学省及び原子力規制庁監視情報課）により制定され、公定法として我が国において広く用いられている。また、食品の試験法としては、「食品中の放射性物質の試験法について」[2]が発出され、ここには食品衛生法に基づく食品検査のための測定に関する要件が規定されている。いずれの公定法においても、従来の γ 線スペクトロメトリーによる方法においては、測定試料中の放射性物質が適切な前処理により均一化[3]されていることが、その正確性及び信頼性の確保のために重要となる。また、食品の測定では、可食部の放射能濃度を評価する必要がある。福島第一原子力発電所事故以降は、食品検査の迅速化に対応するため、スクリーニング検査として必要とされる性能を規定した「食品中の放射性セシウムスクリーニング法の一部改正について」[4]が発出され、シンチレーション式スペクトロメータも検査に広く用いられるようになった。このスクリーニング法においても測定試料中において放射性物質が均一に分布していることが前提であり、その均一性の程度が測定に及ぼすばらつきを考慮した設計となっている。国際標準化機構が食品などに含まれる放射性物質の迅速スクリーニング法を定めた規格 ISO19581[5]も同様である。一方、生産サイドによる自主検査においては、スク

リーニングを目的に玄米のように比較的均質化を図りやすい特定の試料を対象として、試料を破壊せずそのまま測定するための装置を用いた出荷前検査が行われるようになった。また、このような非破壊式放射能測定装置（以下、非破壊式装置という。）は、様々な試料の特性に応じた測定器が開発され利用されている。さらに、住民が自家消費を目的として自家栽培した作物や採取した野生の動植物の測定に対応した測定器も開発され、試料を破碎せずそのまま測定できることから広く利用されている[6][7][8]。このような試料を破碎して均質化せずそのまま測定する場合には、検出器の複数化、大型化などにより試料の形状変化や不均質性の影響の低減化が図られているものの、設計上想定した試料の配置や放射性物質の分布のばらつき範囲において測定を行うことが重要となる。

平成 29 年度よりこのような非破壊式装置による測定の信頼性を評価することを目的に、非破壊式装置の測定室内における検出効率分布の評価及び実際に放射性セシウム濃度 50 Bq/kg 超の食品試料を用いて、破碎等の前処理をしない非破壊式装置について異なる機種別の装置による測定と Ge 検出器を用いた公定法による測定結果との比較検証を行ってきた。その結果、これまでの検討により各装置による測定結果と Ge 検出器を用いた公定法による測定結果は良好な相関関係を示すことが実測により明らかになり装置の検出効率の形状依存の特徴を十分に把握し、変化の影響を受けにくい状況で測定を行えば、食品の汚染状況の大まかな把握には、非破壊式装置による測定は十分有効に活用できる可能性があることが示

された [9]。ただし、非破壊測定では真度の低下傾向が観測され、さらに有意にばらつきが大きい試料や、Ge 検出器による測定結果と大きなずれがあるものが見られ、このような手法の妥当性は、各装置の放射能濃度への換算係数の見積もり手法の信頼性検証など更なる詳細な検討により確保されることが望まれた。また、スクリーニング法の準用にあたっては、検査の信頼性を確保する上で、換算係数(校正定数)にあたるこの傾きの真度に与える影響評価、試料中の放射性セシウム不均一分布が測定に及ぼす影響の評価について、具体的に適用する試料種を選別し、試料の質量、ジオメトリ等の許容範囲の科学的根拠に基づく詳細な決定が望まれ、これによって、モニタリングの加速化につなげられることが期待できることが見込まれた。

平成29年度から3カ年の研究成果を踏まえ、令和2年度より検査ニーズに基づき優先対象試料5種(マツタケ、マイタケ、ナメコ、ムキタケ、ナラタケ)を選定し適用性について検討を進め、令和3年3月、この研究成果に基づき「非破壊検査法による食品中の放射性セシウムスクリーニング法」が発出され、マツタケについて本手法による検査が可能となった[10]。令和3年度は、この非破壊式装置による検査対象とする試料の適用拡大を検討すべく、野生キノコ、皮つきのねまがりたけ及びタケノコを用いて測定値を比較した。また、タケノコは不可食部を含む試料の測定によって可食部の放射性セシウム濃度を評価する手法によって検査が可能かを検討するため、可食部及び不可食部それぞれの濃度分布評価を行った。これにより「非破壊検査法による食品中の放射性セシウム

スクリーニング法」が改正され、皮付きタケノコについて本手法による検査が可能となった。さらに令和5年3月にはムキタケ、ナメコ、ナラタケが適用試料種に追加された。

令和5年度は非破壊検査が適用可能な野生キノコ及び山菜類の適用試料種のさらなる拡大に向けた検討を進めた。

B. 非破壊式放射能測定装置の概要

本研究に用いた非破壊式装置は、主に自家消費用の自家栽培作物や採取した野生の動植物の測定などに用いられている。この装置は、住民から持ち込まれるあらゆる種類の食品の種類、形状、量などを想定した設計であることが特徴である[6][7][8]。本装置では試料の前処理を行わず、比較的大量の試料を一度に測定できる、試料を出荷形態のまま測定できる、といった利点から、検査の効率化・合理化、出荷前の全数検査を目的とした装置の利用も試みられている。

γ 線スペクトロメトリーにより食品中の放射能の測定を行うには測定対象となる核種の γ 線のエネルギーに対する検出効率を標準線源によって予め得る必要がある。検出効率は γ 線のエネルギーに依存する他、試料と検出器の幾何学的条件によっても変化する。即ち、検出効率は試料の形状や測定位置に依存するため、標準線源と同じ形状の容器に、標準線源と同じ容量の試料を充填し、標準線源で校正した位置と同じ位置で測定する必要がある。また、体積状の試料は、試料中の線源位置によって検出効率が異なり、体積状の標準線源によって得られる見かけの検出効率はいわば各点の検出効率の平均値であることから、体積中の放射能の分布は均一であることが前提となる。

非破壊式装置であっても測定の基本原理に変わりはないが、一般に非破壊式装置では複数の検出器配置、大型化や複数検出器の利用による幾何学的効率の高効率化が図られている。このことは非破壊式装置による測定の信頼性を確保する上で極めて重要となる。つまり、測定試料に対して、検出器が十分に大きい場合、検出器直上では線源と検出器との立体角はほぼ 2π となり、線源の位置による検出効率の変化が少なくなる。先にも述べたように γ 線スペクトロメトリによる放射能測定の場合は、標準線源と同じ形状の容器に同じ容量の試料を詰めて測定することで、標準線源により得た検出効率が適用でき、標準線源—検出器間の幾何学的条件と異なる測定条件になることがずれやばらつきの要因となる。しかしながら、大型検出器を用いることで幾何学的効率を高め、線源位置による検出効率の変化を少なくすることが出来れば、試料の形状の違いや試料中の放射性物質の不均質性による検出効率の変化は小さく出来、ある程度のばらつきの幅の範囲内での測定が可能になると考えられる。ただし、測定対象とする試料の種類は様々であり、たとえ試料の形状の違いや試料中の放射性物質の不均質性による検出効率の変化を小さく出来たとしても、測定試料の検出効率を如何に正確に決定できるかが測定の信頼性の上で重要となる。これを達成するために、様々な形状の標準試料によって検出効率を求める、試料の種類によって、試料質量から試料の嵩を推定し、試料の品目に決められた検出効率—試料嵩(質量)関数から近似的に検出効率を求める方法などがとられていると推定される。これにより試料形状の変化に対応

した検出効率の評価は可能であると考えられるが、依然として試料中の放射性物質の不均質分布に対しては、その程度に幅はあるにせよ不確かさを生む要因となる。このことは従来の試料の前処理を行う手法においても不確かさの要因となり、食品の測定で用いられる切り刻む手法の場合には、その不確かさが無視できないことが報告されている[11]。非破壊式装置の場合、例えば大きな不確かさ要因となりうる極端な放射性セシウム の偏在に対して、複数の検出器を組みあわせた装置により、そのうちの一つの検出器での計数率が他の検出器の倍以上計数があった場合に異常判定を出すように措置される装置もある[6]。

以上のように、非破壊式装置では、装置のハード面においては、検出器の大型化、複数検出器の使用による試料—検出器間の大立体角化によって幾何学的効率を高めることが装置の想定する試料形態及び形状と実際の試料形態及び形状の差に起因する測定誤差の軽減につながる。ソフト面では、解析手法は装置によって様々であるが、いずれの手法もいわば近似的に試料の検出効率を求めることとなり、如何に設計上想定する範囲内で実際の測定が行われるようにするか、ユーザインターフェースの設計も含めて重要となる。

なお、各装置に備わったこのような放射能測定のアプローチは原則その詳細は公開されていないことから、本研究では各装置の取扱説明書に従った操作と得られる出力値による評価を行った。

C. 実験方法

(1) 非破壊式装置による測定と Ge 検出器

を用いた公定法による比較検討

本研究においては、非破壊式装置の特徴や測定原理を念頭に、福島県などで採取された実試料を用いて、破碎等の前処理をしない非破壊式装置 2 機種による測定結果と、細切処理を含む Ge 検出器を用いた公定法による測定結果との比較検討を行った。

表 1 に野生キノコの測定に用いた非破壊式装置（形式：FF1 及び AFT-NDA2）を示す。福島県林業研究センターでは、比較性を確保するために同一試料を 2 機種の装置で測定した。その他の施設での測定は、設置された 1 機種のみで測定した。試料の測定は 1 回の測定時間を 300 s とし、1 試料につき 4 回の繰り返し測定を行った。この際、試料は測定の都度置き換えを行った。測定の実務は各施設の検査員により行われた。

試料はその全体形状を把握するため写真に記録した。撮影は卓上で試料上面及び側面からカメラを用いて図 1 のように撮影した。非破壊式装置による測定を行った試料は、福島県農業総合センター、(一社) 福島県環境測定・放射能計測協会にて、校正済みの Ge 検出器を用いて、文献[2]に準拠して放射能分析を行った。本研究においては、食品中の放射能測定のための試料前処理は、文献[3]に準じて実施することとした。

(2) タケノコの非破壊検査における不可食部の影響評価

タケノコは出荷形態を考慮し、不可食部の皮の取り除かない状態でスクリーニング法への適用性評価を行い、その妥当性が確認され不可食部を含む状態のままの検査が可能となっている。本研究ではこれまでの検証に加え、不可食部を除いた可食部のみ

で、これまでと同様の測定条件での測定を行い、その違いによる影響の評価を試みた。本研究では、皮つきタケノコの測定に用いた表 1 に示すベルトコンベア式の連続個別非破壊放射能測定システム(A01)を用いた。

(3) 適用種拡大に向けた評価手法の検討

これまで、回帰直線の予測区間による方法はより適切な濃度範囲の試料によって Ge 検出器を用いた測定結果との比較によりスクリーニング性能の評価を行ってきた。一方で、試料数の確保が困難、低濃度の試料しか採取できないなどの事情により本手法での評価が困難な品目もある。高い優先度で検査対象の候補とされることが想定される試料は、そもそも試料の放射能濃度が低い(検出限界以下を含む)ものが多いことも考えられる。そこで本研究は、適用種の拡大にむけ、次の(a)~(c)の検討を行った。

(a) 原木シイタケを用いたスクリーニング法適用性評価に関する検討

これまで野生キノコの検査適用性について、野生キノコの実試料を用いてきた。しかしながら、野生種は品目によっては測定による評価に適切な放射能濃度を有する検体を十分に確保するのが困難である。また、収穫時期が限られることにより実際に実試料により評価できるのは事実上各品目年に 1 シーズンに限られる。そこで本研究では、栽培種を用いた評価について検討した。本件等では原木シイタケを用いた。試験に用いた原木は、宮城県水産林政部林業振興課地域林業振興班により提供を受けた。栽培に際しては、楢木の放射性セシウム濃度を測定し、濃度レベル別に 3 グループに分類し、それぞれのグループで栽培した原木シイタ

ケを測定に用いた。非破壊式測定は、設置された非破壊式装置(形式:FF1)で測定した。測定手法はC.(1)と同様とした。非破壊式装置による測定を行った試料は、ユーロフィン日本総研株式会社 福島分析センターにて、校正済みのGe検出器を用いて、文献[2]に準拠して放射能分析を行った。

(b) ファントム試料を用いた測定による試料形状変化に起因する不確かさ評価の検討

野生キノコなどの実試料を用いた評価は信頼性が高い一方、測定評価は試料の入手性の制限を受ける。そこで本研究では、非破壊式装置を用いた測定特有のばらつきを評価するため、ファントム試料を作成し、非破壊式測定における試料形状変化に起因する不確かさの実験的評価を試みた。

本研究では、 ^{134}Cs 及び ^{137}Cs を含む溶液を活性アルミナに吸着させた試料を用いた。このアルミナ中の放射性セシウム濃度は、全量(2kg)から3試料(50~70g/試料)を分取し、校正されたGe検出器を用いて決定($1060\pm 23\text{ Bq/kg}$)した。ファントム容器には直径50mmの球形容器を選択し、容器に放射性アルミナを50gずつ充填したものを36個作成した。作成したファントム試料による測定には、近畿大学に設置されたC.(1)と同モデルの2種の非破壊式放射能測定装置(FF1:日栄工業㈱、NDA2:㈱アドフューテック)を用いた。本実験では球形のファントム試料を複数個袋に詰め、袋に詰める試料個数の調整により試料重量を200~800gの範囲で変化させ測定した。また、測定の都度、試料を置き換えることにより試料形状を変化させた。測定回数は各試料重量に対して4回とした。

(c) 野生キノコのグルーピング評価に向け

た検討

これまでの非破壊式装置による測定とGe検出器を用いた公定法による比較検討により良好な相関が得られている。一方、試料種毎に評価された回帰直線の傾きの違いの要因の一つは、各品目に対する濃度換算係数の違いが一因と考えられる。本研究では、得られた試料種毎に評価された回帰直線の相互比較により、評価上同等と扱える試料種のグルーピング化の可能性について検討した。評価対象の装置はC.(1)の2機種とし、過去5年間の20種の野生キノコの測定で得られた回帰直線を用いて評価した。

D. 実験結果及び考察

令和5年度は図2に示す野生キノコ野生キノコ全43種245検体及び山菜類としてコシアブラ28検体及びたらのめ36検体を収集した。図3に本研究において過去5年間(令和元年度~5年度)に収集した野生キノコ試料の品目と検体数を示す。全検体数は805であった。図4-1、-2及び-3に10Bq/kg以上の592検体、50Bq/kg以上の351検体及び10Bq/kg以上260Bq/kg未満の451検体の試料品目の検体数を示した。12種の野生キノコについて5年通算で10検体以上が確保できた。図5には品目ごとの濃度分布を示した。

山菜類は、コシアブラについては過去2年間(令和4年度~5年度)で通算37検体、タラノメは36検体収集した。これらの濃度分布を図6に示した。

(1) 非破壊式装置による測定とGe検出器を用いた公定法による比較検討

(a) 野生キノコ

本検討に用いた試料の放射能濃度分布は様々でこれらの中には実際に Ge 検出器の測定において検出限界以下のものも含まれていた。また、検出されても非破壊式装置の検出限界を下回るものも見られた。これら（非破壊式測定においては 4 回とも ND のデータ）は解析の対象外とした。各非破壊式装置と Ge 検出器による測定結果との差の Ge 測定値との比を図 7 (FF1) 及び図 8 (NDA2) を示す。ここでエラーバーは複数回測定 (ND を除く) に基づく標準偏差を表す。ここでの標準偏差は個別の試料の重量と濃度に基づく放射能、すなわち放射性壊変による計数統計の不確かさと試料中の放射性セシウム分布と検出器の幾何学的条件の再現性に主に依存することが見込まれる。計数統計による不確かさは試料中の放射能に依存し、令和 4 年度の非破壊式放射能測定装置による野生キノコ測定における不確かさの要因分析の結果から、20 Bq/kg 程度以下の範囲で相対的に標準偏差が比較的大きい要因は計数統計による不確かさが支配的であることによると考えられる。この不確かさは放射能が高くなるにつれ小さくなり、本結果でもそのような傾向が確認できた。図 9 に 20 Bq/kg 超試料の非破壊式における 4 回測定の変動係数を示す。ここでは検体数 5 以上の品目について示した。ここに示す通り変動係数の平均値は 0.05~0.15 程度であった。このような避けざるばらつきの要因としては、計数の統計による不確かさも依然として見込まれるものの、非破壊式装置で想定される試料中の放射性セシウム分布と検出器の幾何学的条件の再現性や袋詰め試料内の放射能分布の不均一性に起因する不確かさの影響である可能性がある

と考えられた。

図 9 に示した品目の各非破壊式装置と Ge 検出器による測定結果の比較を図 10 に示す。ここで非破壊式装置の結果は 4 回平均値とした。ただし、4 回の測定のうち、検出限界以下の結果であったものは除いて処理した。図 10 に示すように、NDA2 では非破壊式による結果が Ge 検出器による結果より 10~40%程度過小評価する傾向が確認された。FF1 による結果は、NDA2 と比較し高めに評価される傾向であったが、ナメコを除き、5~30%程度過小評価される傾向にあった。本研究における非破壊式装置での測定は、品目にかかわらず同一の条件によった。すなわち、いずれの非破壊式装置でも、試料品目に対応した放射能濃度換算係数を得るための試料量に対応した関数は共通のものを使用しているため、ここに示された差は、品目によって試料の嵩比重が系統的に異なることによる可能性があることが考えられた。

(b) 山菜

山菜類の各非破壊式装置と Ge 検出器による測定結果との差の Ge 測定値との比を図 11 (FF1) に示す。ここでエラーバーは複数回測定 (ND を除く) に基づく標準偏差を表す。コシアブラについては全体的に非破壊式による結果が、野生キノコと同様に Ge 検出器による測定結果より低めに評価される傾向であったが、外れ値 2 点を除き、およそ 0%~-40%の範囲にあった。一方、たらのめは試料放射能が比較的低くばらつきも大きかった。20 Bq/kg 以上の試料の測定結果はコシアブラと同様におよそ+30%~-50%の範囲にあった。

(2) スクリーニング検査への適用への検討

本研究では、食品衛生法に定められた基準値 100 Bq/kg に対するスクリーニング検査への適用性についても回帰直線の予測区間による次の方法を用いて検討した。

$$m_{UL} = m + \sqrt{V_e \left\{ 1 + \frac{1}{n} + \frac{(x - \bar{x})^2}{S_{xx}} \right\}} \times t_{n-2, 0.01}$$

ここに、

- m_{UL} : 回帰直線の予測区間の 99% 上限
- m : 回帰直線から予想される濃度 x における測定値
- V_e : 回帰直線の誤差分散
- n : 回帰に使用したデータの数
- x : 放射性セシウム濃度
- \bar{x} : 回帰に用いた放射性セシウム濃度の平均
- S_{xx} : 回帰に用いた放射性セシウム濃度の平方和

本研究では適用性について品目毎に検討するため、測定に用いた試料のうち検出限界超～260 Bq/kg 程度の範囲試料の測定結果を用いた。令和 2 年度より重点品目としていたマイタケ、シロシメジ、ヒラタケ、アマタケ、コウタケ及びチチタケの評価結果を図 12-1～6 それぞれに示す。予測区間は 99% (片側 1%) とした。6 種の野生キノコではヒラタケについては、未だ試料数が十分ではないが、今後評価に供する濃度レベルの試料を増やせば、スクリーニング法への適用が期待される結果であった。ヒラタケは試料の濃度が低めに分布しており、スクリーニング法への適用性が高い品目であると見込まれる。マイタケは試料濃度が低く、検体数も少ないため、適用性評価には至らなかった。シロシメジはスクリーニングレベルの評価に供する濃度範囲の試料が

収集出来たが、検体数の不足により適用性の評価には至らなかった。アマタケは検体数が 10 を超えたが、非破壊式装置により検出されたものは 5 件にとどまった。コウタケは田上らの調査において放射性セシウム濃度の高い品目であり[12]、本研究により収集された試料も高濃度のものが多数を占め、適用性の評価には至らなかった。アマタケ、チチタケは検体数が十分確保出来ず適用性の評価が行えなかった。重点品目以外では、図 12-7 に示すクリタケについて、非破壊式装置 FF1 及び NDA2 によりそれぞれ 70 Bq/kg 及び 61 Bq/kg のスクリーニングレベルの設定が可能であり、すでに非破壊式装置による検査の対象品目となっている他品目と同等の性能での検査が可能であることを示唆する結果が得られた。

山菜類は、コシアブラ及びたらのめの評価結果を図 12-8 及び 9 にそれぞれに示す。コシアブラについて非破壊式装置 FF1 により 52 Bq/kg のスクリーニングレベルの設定が可能であり、すでに非破壊式装置による検査の対象品目となっている他品目と同等の性能での検査が可能であることを示唆する結果が得られた。一方、たらのめは試料の濃度が低く、スクリーニング法の適用性評価には不十分であった。

本試験で用いた試料の重量分布を図 13-1～9 に示す。ここで示したスクリーニングレベルを実際の検査で適用する場合には、本試験に用いた試料と同等と見なせる範囲のものが対象となりうる。実際の試料が適用できるかの判断は、ここに示した試料重量の範囲にあるかが一つの目安となると考えられる。非破壊式装置での測定の場合、試料に対する放射能濃度への換算係数は試料の

嵩に依存する。重量と試料の品目のみで想定される嵩には個体の大きさ、形状によってばらつきがあると想定されるが、今回用いた試料の嵩密度の範囲であれば検査の信頼性は確保できることが見込まれる。クリタケ及びコシアブラの実際の検査での個々の試料の検査への適用性の判断には測定に用いた試料写真は有用であると思われる。今回用いた試料の写真を付属書に収載する。

(3) タケノコの非破壊検査における不可食部の影響評価

皮なしの状態での測定は 5 検体について実施した。図 14-1 に Ge 検出器による測定結果との差の分布を示す。比較のため図 14-2 にこれまでに実施した皮つきタケノコの測定結果を示した[13]。今回の 5 検体の結果はいずれも従前の皮つきタケノコの結果と比較し有意な差は認められなかった。

(4) 適用種拡大に向けた評価手法の検討

(a) 原木シイタケを用いたスクリーニング法適用性評価に関する検討

これまで野生キノコの検査適用性について、野生キノコの実試料を用いてきた。しかしながら、野生種は品目によっては測定による評価に適切な放射能濃度を有する検体を十分に確保するのが困難である。また、収穫時期が限られることにより実際に実試料により評価できるのは事実上各品目に 1 シーズンに限られる。そこで本研究では、栽培種を用いた評価について検討した。本件等では原木シイタケを用いた。試験に用いた原木は、宮城県水産林政部林業振興課地域林業振興班により提供を受けた。栽培に際し、櫛木の放射性セシウム濃度を測定し、

濃度レベル別に 3 グループに分類、それぞれのグループで栽培した原木シイタケを用いた。検体数は 34 検体であった。

これらについて、D. (2) と同様にスクリーニング法の適用性について評価した。図 15 に結果を示す。今回の原木シイタケの測定では、72 Bq/kg のスクリーニングレベルの設定が可能でありすでに非破壊式装置による検査の対象品目となっている多品目と同等の性能での検査が可能であることを示唆する結果が得られた。本研究では原木中の放射性セシウム濃度が異なる 3 つのグループより得た原木シイタケを用いたが、試験に供する濃度の試料を得ることが出来、野生での検体確保が困難な種の評価に野生に代わり用いる、又は試料不足の野生種を補完するのに有効であることが示唆された。

なお、今回用いた試料の重量分布を図 16 に示した。

(b) ファントム試料を用いた測定による試料形状変化に起因する不確かさ評価の検討

図 17-1 及び-2 に、袋に詰めたファントム試料の総重量に対する非破壊式装置 FF1 及び NDA2 を用いた測定により得られた試料総重量あたりの計数率を示す。図に示す通り、これらは良好な相関関係を示した。図 18-1 及び-2 には各試料重量での 4 回測定で得られた変動係数(●)とファントム試料の総重量の関係を示す。また、同図には各測定における計数の統計のみに起因する不確かさ(○)を評価し示した。各試料総重量での 4 回測定で得られた変動係数は、各測定における計数統計による不確かさを有意に上回り、かつ、変動計数は試料総重量が増えるにつれ減少する傾向にあった。また、同様の傾向は NDA2 でも確認された。体積試料に対

する計数効率の変化は、体積が大きくなるにつれ変化が少なくなる。本実験結果においても試料重量が大きくなるにつれ形状の変化による不確かさが小さくなる傾向が確認できた。

(c) 野生キノコのグルーピング評価に向けた検討

図 19 に野生キノコ 20 種の回帰分析で得られた回帰直線の傾きを示した。図に示す通り傾きはキノコの種により異なるものの、FF1、NDA2 いずれの機種でも半数近くは傾きがそれぞれ 0.9 ± 0.1 、 0.7 ± 0.1 の範囲にあった。原理的には体積試料に対する放射能濃度換算係数は嵩密度に依存する。今後各品目試料について同一種内での嵩密度の幅と品目間の嵩密度の違いなどについても調査を進め、これらの品目に対する換算係数が、その不確かさを考慮すれば測定上同等とみなし得ればグルーピング化も可能であると考えられる。

(5) 検査法の提案

以上の検討結果より、これまでの適用種に加え、クリタケ及びコシアブラについて、検査ニーズに応じて非破壊式検査法の対象品目への追加を検討することを提案する。非破壊検査法は、今後、検査条件の精査及び手法の改良の検討を行うことにより、さらなる信頼性、検査効率性の改善並びに適用拡大の可能性があると考えられる。

E. 結論

本研究では、 100 Bq/kg に対するスクリーニング検査への適用性について回帰直線の予測区間による方法を用いて検討し、99%

予測区間の上限値が 100 Bq/kg の場合の予想される試料の放射能濃度を回帰曲線によって非破壊式装置指示値を Ge 検出器測定値相当に換算して評価した。その結果、野生キノコについては検体不足、得られた試料の濃度分布により新たな適用可能な品目の追加には至らなかった。ただし、重点品目ではないが、クリタケについては検査への適用性が高いことが見込まれた。一方、山菜類はコシアブラについて、すでに非破壊式装置による検査の対象品目となっている他品目と同等の性能での検査が可能であることを示唆する結果が得られた。

以上のとおりクリタケ及びコシアブラについては一定の成果が得られたことから、検討内容に基づき、検査ニーズに応じて「非破壊検査法による食品中の放射性セシウムスクリーニング法」の対象品目への追加を検討することを提案した。

適用種拡大に向けた評価手法の検討では、野生キノコに代わり原木シイタケを用いた手法について検討した。原木栽培で得られたシイタケは放射能濃度の異なる原木を用いることで、試験に供する濃度の異なる原木シイタケを得ることが出来、結果としてスクリーニング法の適用性評価に足る濃度のシイタケを収集できた。検討の優先種にありながら野生動物の入手が困難なマイタケは未だスクリーニング法の適用性評価に至っていない。マイタケは人工栽培が可能なキノコ種であり、原木シイタケと同様に放射性セシウム濃度が既知の原木や菌床で栽培したものが入手できれば、原木シイタケと同様にスクリーニング法の適用性評価が可能になることが期待された。また、ファントムを用いた手法では、形状変化に対する

不確かさの実験的評価を行った。各種の試料と同等の嵩密度でファントム試料を調整すれば、実測データを補完するデータの取得、試料形状の変化に対する計数効率の変化の実験的評価が可能となりうる結果を得た。また、野生キノコ各種の回帰分析により得た回帰直線の傾きは、その不確かさを考慮すると同等のものともみなせる可能性を示唆するものであった。今後、各品目試料について同一種内での嵩密度の幅と品目間の嵩密度の違いなどについても調査を進め、測定上同等とみなし得る種のグルーピング化について引き続き検討することが望まれる。

参考文献

[1] 文部科学省・原子力規制庁監視情報課
放射能測定法シリーズ

<https://www.jcac.or.jp/site/library/series.html>
(2020/3/31 現在)

[2] 厚生労働省 食品中の放射性物質の試験法について、食安発 0315 第 4 号 (2012)

[3] 文部科学省・原子力規制庁 放射能測定法シリーズ 24 緊急時におけるガンマ線スペクトロメトリーのための試料前処理法

[4] 厚生労働省 「食品中の放射性セシウムスクリーニング法の一部改正について」
(2012)

[5] International Organization for Standardization、ISO19581 : 2017、
Measurement of radioactivity -- Gamma emitting radionuclides -- Rapid screening method using scintillation detector gamma-ray spectrometry (2017)

[6] 石井慶造、食品中の汚染検査のための放射能非破壊検査装置、Isotope News No.729、21-27 (2015)

[7] アドフューテック株式会社、「そのままはかるNDA」の特徴・性能について、
<http://www.adfutek.com/>

[image/pdf/Catalog_160108-2_AFTNDA2.pdf](http://www.adfutek.com/image/pdf/Catalog_160108-2_AFTNDA2.pdf)

[8] 科学技術振興機構、先端計測分析技術・機器開発プログラム 放射線計測領域成果集 2015、複雑形状食品の放射能検査装置の開発、4-5 (2015)

https://www.jst.go.jp/sentan/result/pdf/Contributing_through_Innovation_2015.pdf

[9] T. Yamada, Keisuke Soga, Mayumi Hachinohe and Akiko Hachisuka,
PERFORMANCE EVALUATION OF THE EQUIPMENT FOR MEASURING RADIOACTIVITY IN WHOLE FOODSTUFFS WITHOUT DESTRUCTIVE SAMPLE PREPARATION DEVELOPED AFTER THE FUKUSHIMA NPP ACCIDENT. *Radiation Protection Dosimetry*, Vol. 184, Issue 3-4, October 2019, Pages 355-358

[10] 厚生労働省 非破壊検査法による食品中の放射性セシウムスクリーニング法、非破壊検査法による食品中の放射性セシウムスクリーニング法について(令和3年3月26日付け厚生労働省医薬・生活衛生局食品監視安全課事務連絡)

[11] Yamada, Takahiro; Hachinohe, Mayumi; Hachisuka, Akiko; Asakura, Yumiko; Kanno, Takuya; Kikuchi, Mihoko, UNEXPECTED UNCERTAINTY IN THE USE OF SIMPLE SAMPLE MACHINING TECHNIQUE FOR GAMMA-SPECTROMETRY. *Radiation Protection Dosimetry*, DOI: 10.1093/rpd/nae076, *In press*

[12] 田上恵子, 内田滋夫 自然環境下において放射性セシウム濃度が低いキノコの

種類の推定 RADIOISOTOPES, 66, 277–287
(2017)

[13] Takahiro Yamada, Katsumasa Furutaka, Mayumi Hachinohe, Akiko Hachisuka, Applicability of non-destructive equipment for radioactivity measurement to screening radio-caesium in foods. Applied Radiation and Isotopes 194 110671 (2023)

F. 研究発表

1. 論文発表

[1] Yamada, Takahiro; Hachinohe, Mayumi; Hachisuka, Akiko; Asakura, Yumiko; Kanno, Takuya; Kikuchi, Mihoko, UNEXPECTED UNCERTAINTY IN THE USE OF SIMPLE SAMPLE MACHINING TECHNIQUE FOR GAMMA-SPECTROMETRY. Radiation Protection Dosimetry, DOI: 10.1093/rpd/nae076, *In press*

2. 学会発表

[1] Takahiro Yamada, Mayumi Hachinohe, Akiko Hachisuka, Yumiko Asakura, Takuya Kanno, Mihoko Kikuchi, Unexpected uncertainty in the use of simple sample machining technique for gamma-spectrometry. International Symposium on Natural and Artificial Radiation Exposures and Radiological Protection Studies 2023 年 9 月 22 日

[2] Takahiro YAMADA, Katsuki Kitano, Yumiko ASAKURA, Mihoko Kikuchi, Takahiro FUKUHARA, Municipal radioactivity inspection services in food for self-consumption in Fukushima and utilization of state-of-the-art equipment for testing. The 6th Bilateral Workshop on Radiation Research and its related

Issues 2023 2023 年 12 月 7 日

G. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得
なし
2. 実用新案登録
なし
3. その他
なし

表1 本研究に用いた市販の非破壊式放射能測定装置

装置名	形式	検出器の種類 及びサイズ	しゃへい 体	製造元
非破壊式放射能 測定装置	FF1	NaI(Tl) φ5.08x5.08cm 7本	鉛 50mm	日栄工業(株)
そのままはかる NDA2	AFT- NDA2	NaI(Tl) φ12.7x12.7cm	鉛 35～ 50mm	(株)アドフューテック
連続個別非破壊 放射能測定 システム	A01	NaI(Tl) φ5.08x5.08cm 120本	鉛 50mm	千葉鉄工所(株)



図1 検体の写真撮影 (上段：書画カメラ (ELMO・L-12W) と撮影スタジオ
下段：試料正面写真 (左)、同上面写真 (右))

R5年度 野生キノコ検体数

N=245

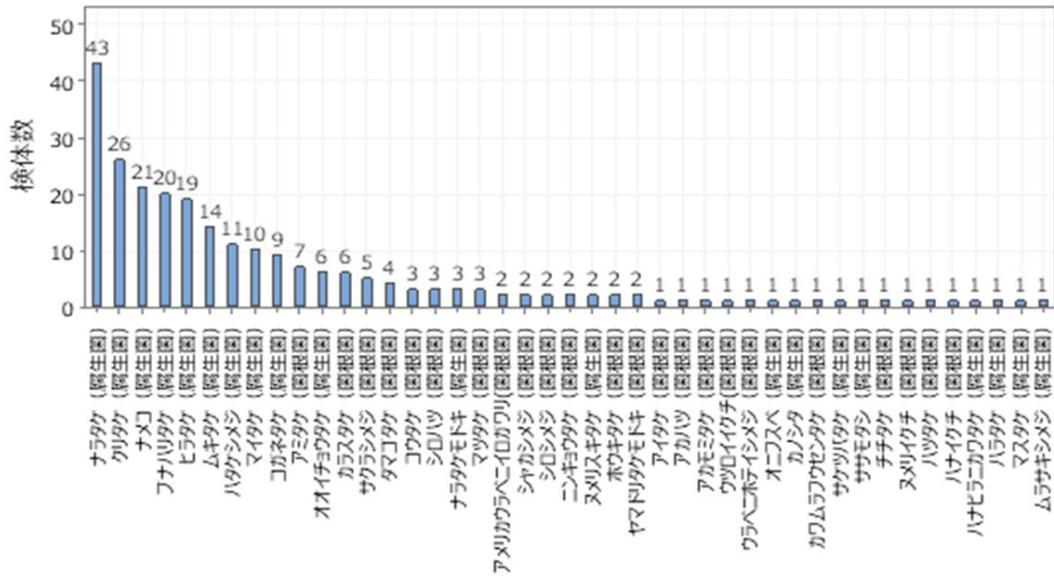


図2 測定に用いた野生キノコの品目と各検体数 (2023 年度)

2019-2023FY 野生キノコ検体数

N=805

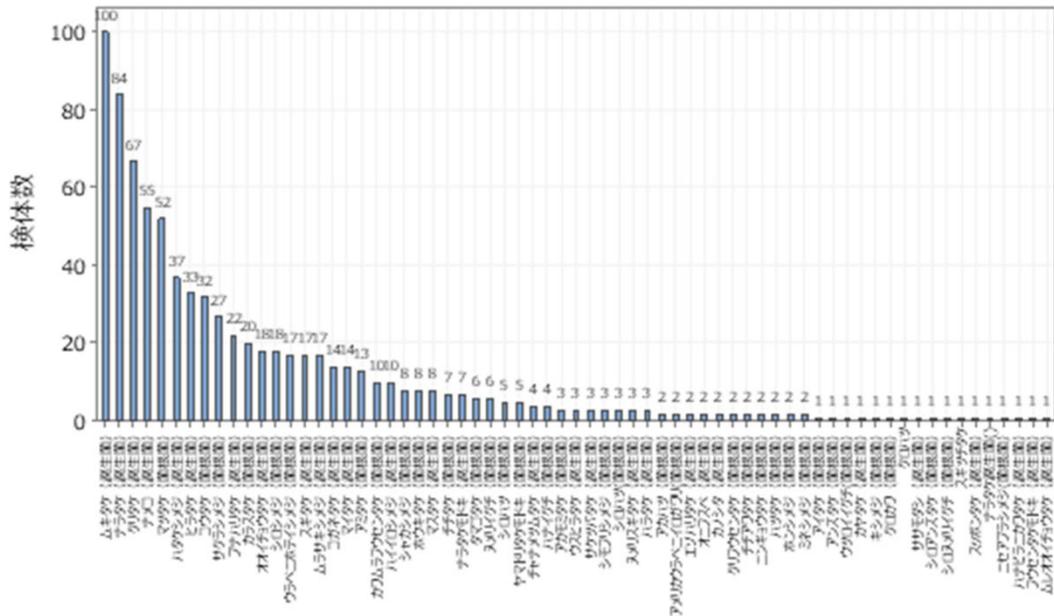


図3 測定に用いた野生キノコの品目と各検体数 (2019~2023 年度)

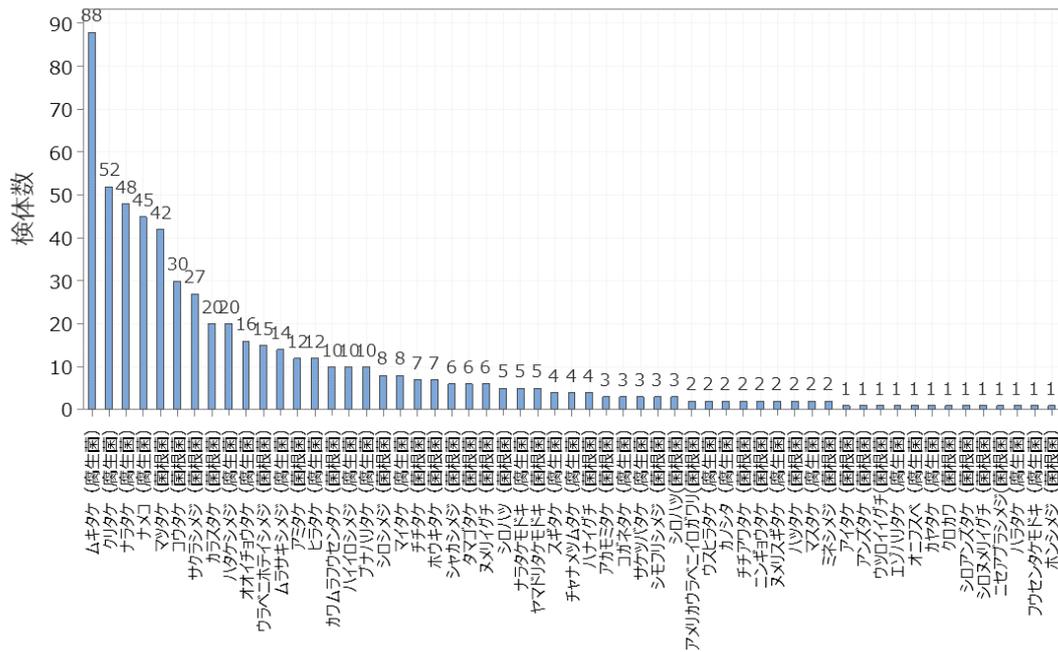


図 4-1 測定に用いた野生キノコの品目と各検体 (>10 Bq/kg) 数 (2019~2023 年度)

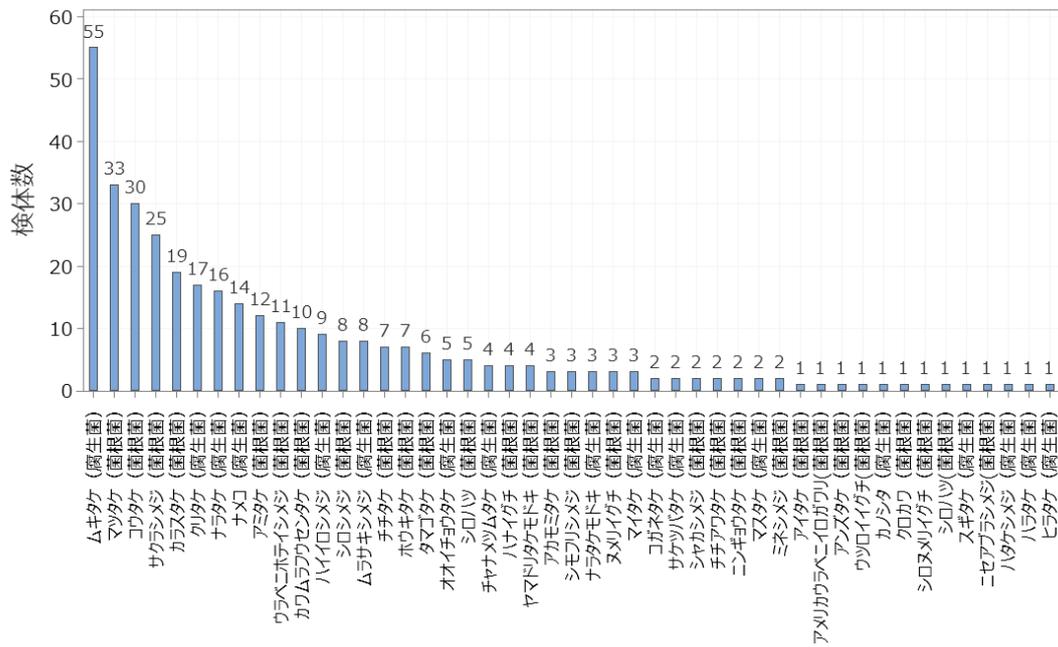


図 4-2 測定に用いた野生キノコの品目と各検体 (>50 Bq/kg) 数 (2019~2023 年度)

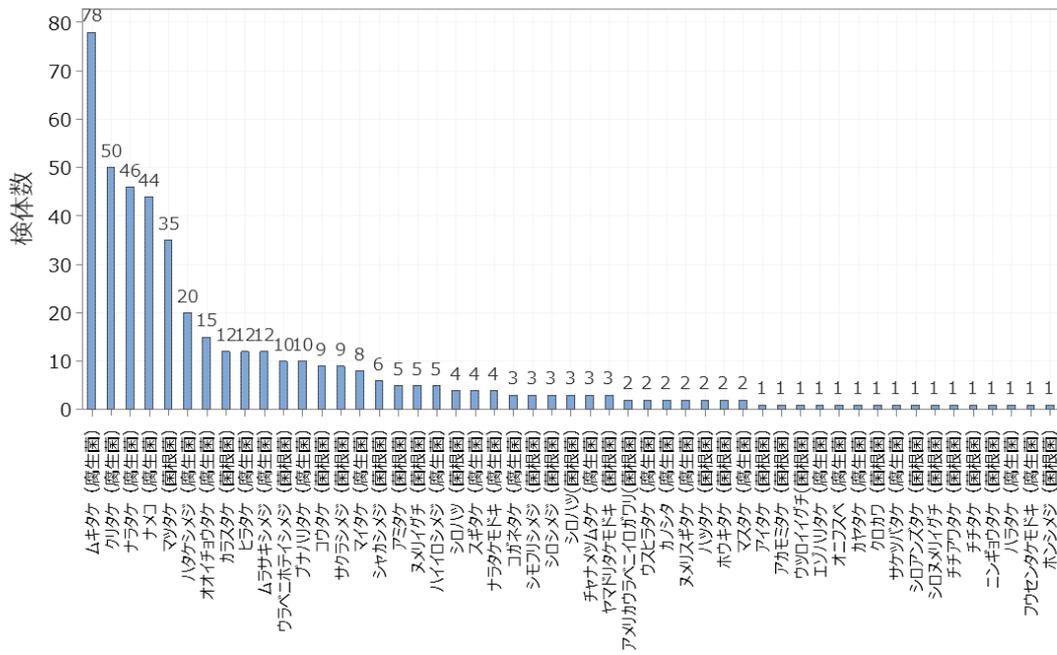


図 4-3 測定に用いた 10 Bq/kg 以上 260Bq/kg 未満の野生キノコの品目検体数 (2019~2023 年度)

Distribution of activity concentration (2019-2023)



図 5 測定に用いたキノコの品目毎の濃度分布(個別値のプロット) 数値は中央値

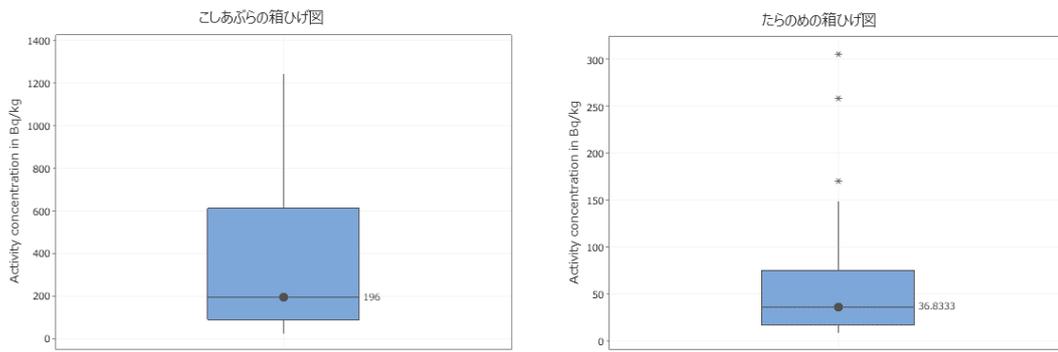


図 6 測定に用いた山菜類の品目毎の濃度分布(個別値のプロット) 数値は中央値

野生キノコ類

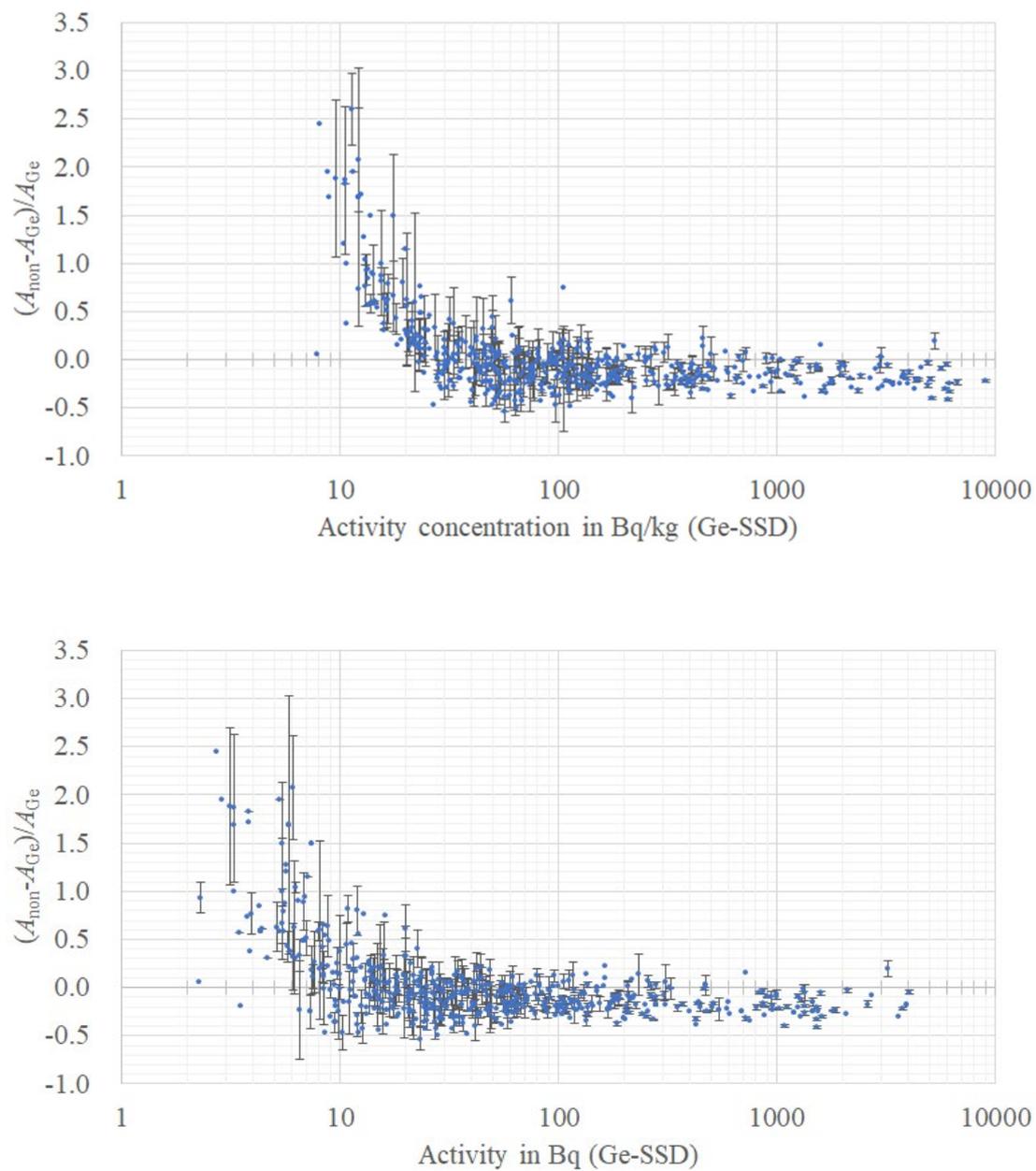


図7 非破壊式装置 (FF1) による測定結果の Ge 検出器の結果
(上段：放射能濃度 下段：放射能) との差

アミタケ

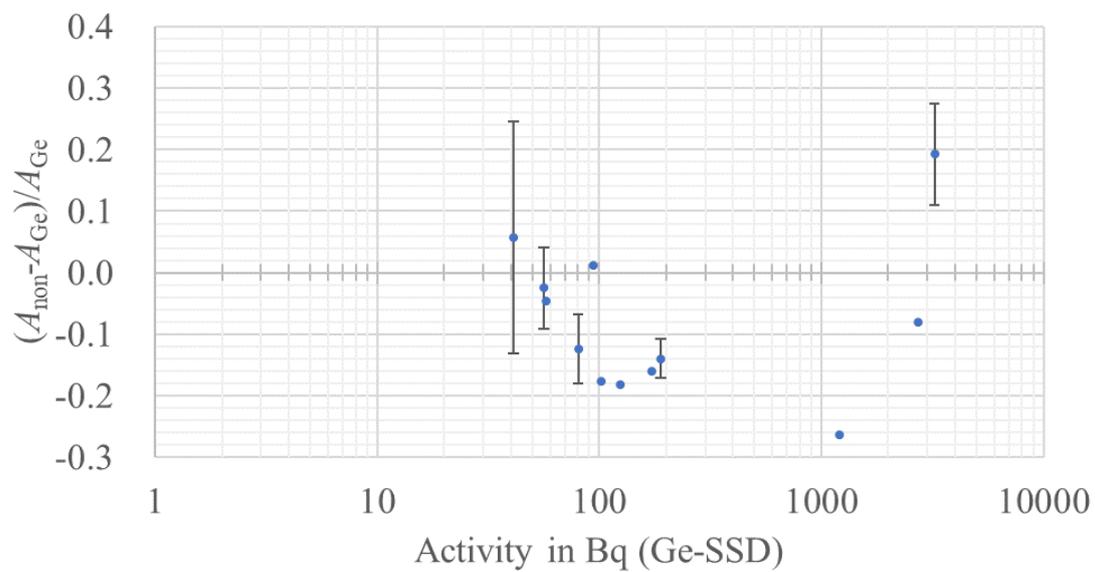
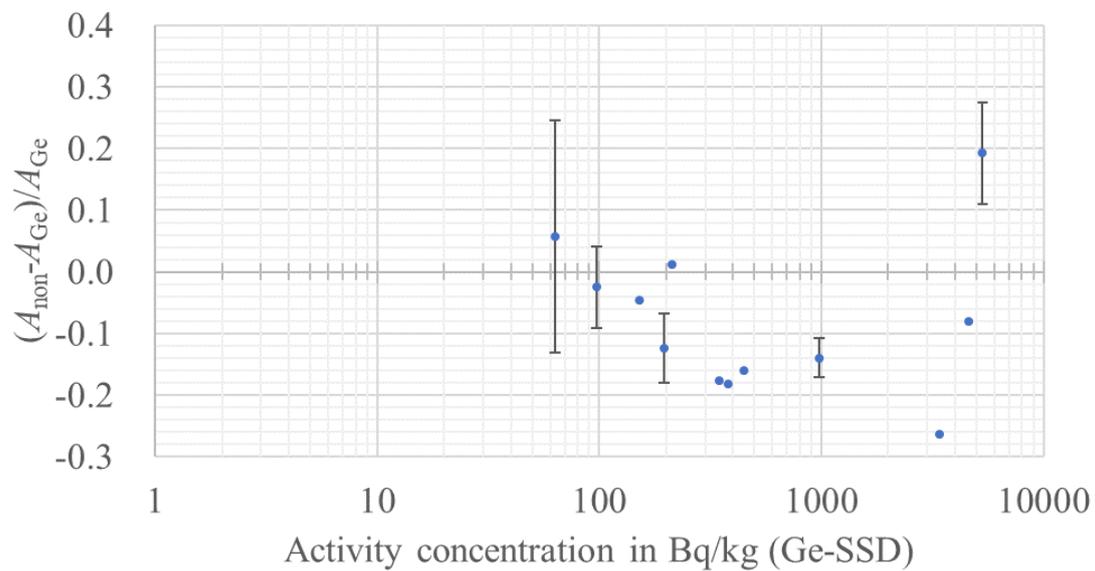


図7 続き

ウラベニホテイシメジ

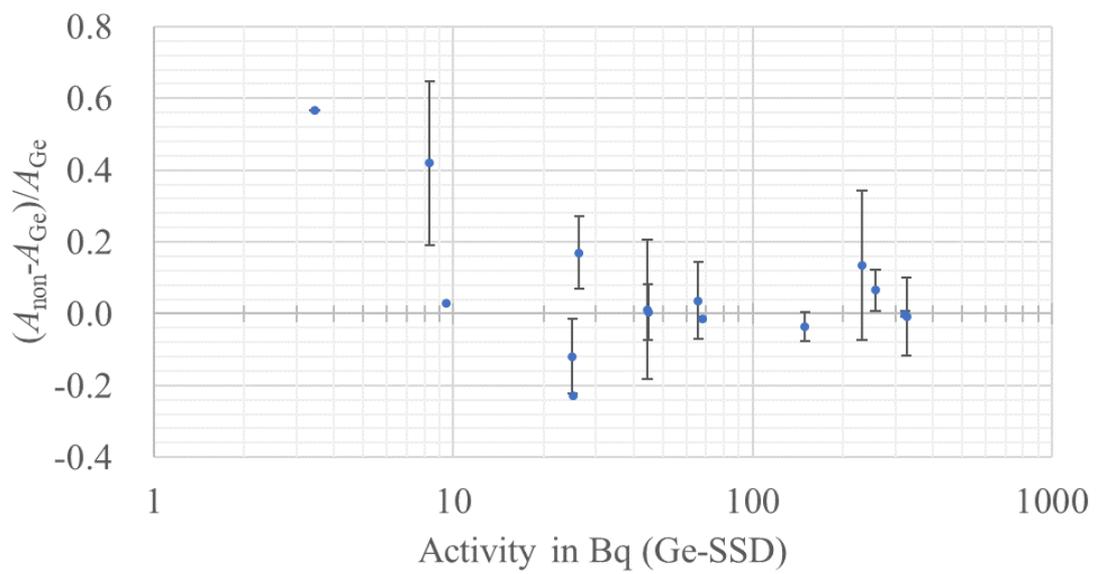
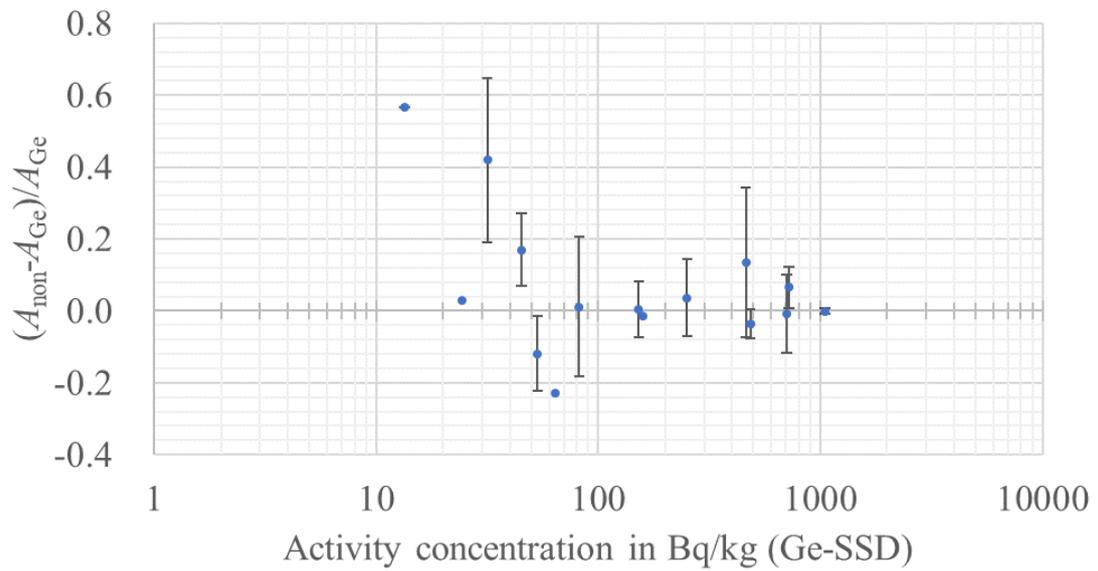


図7 続き

オオイチョウタケ

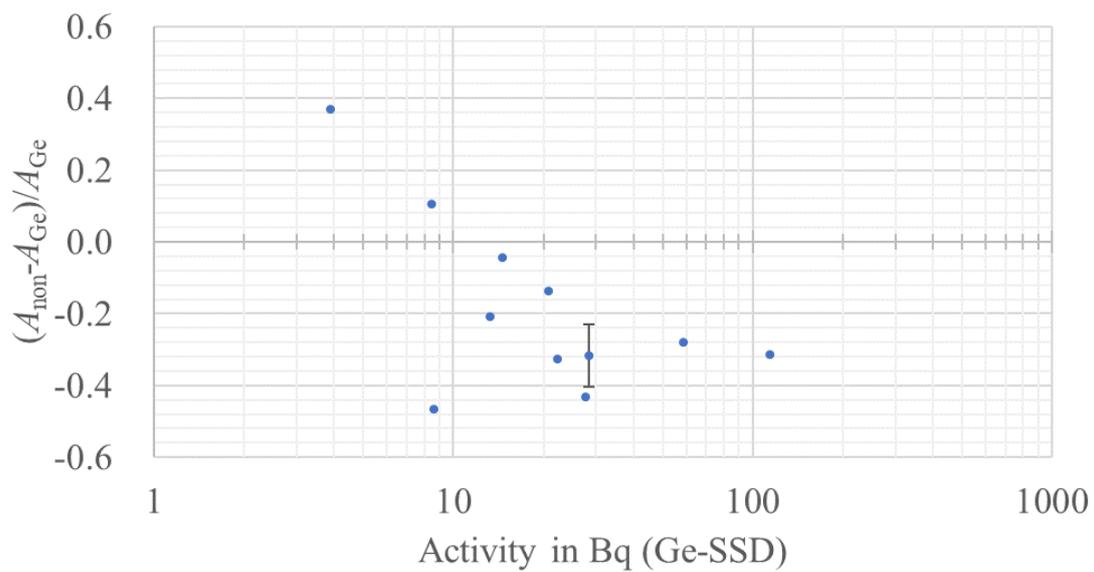
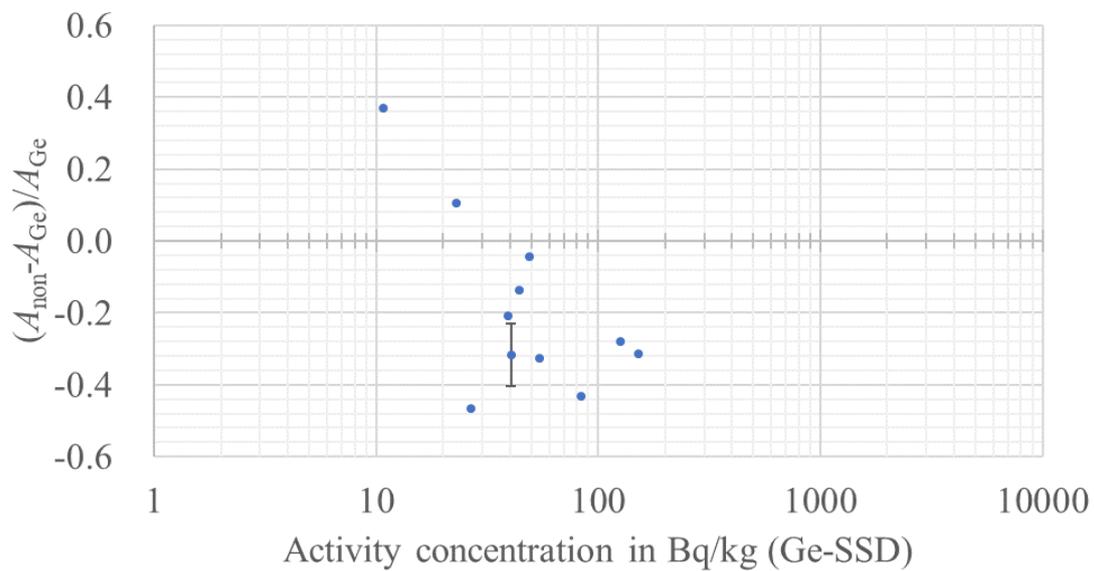


図7 続き

カラストケ

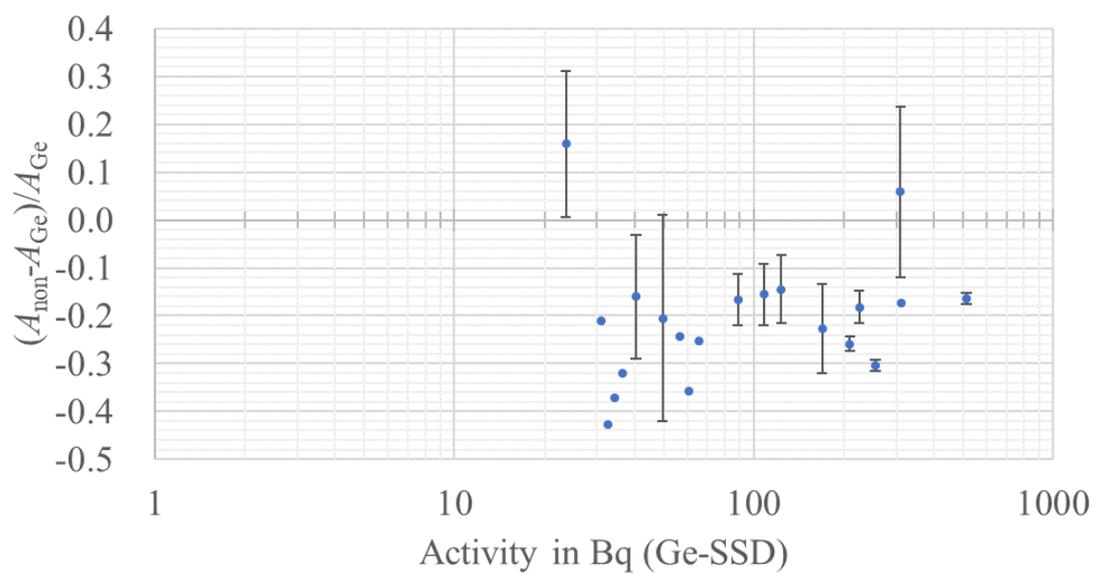
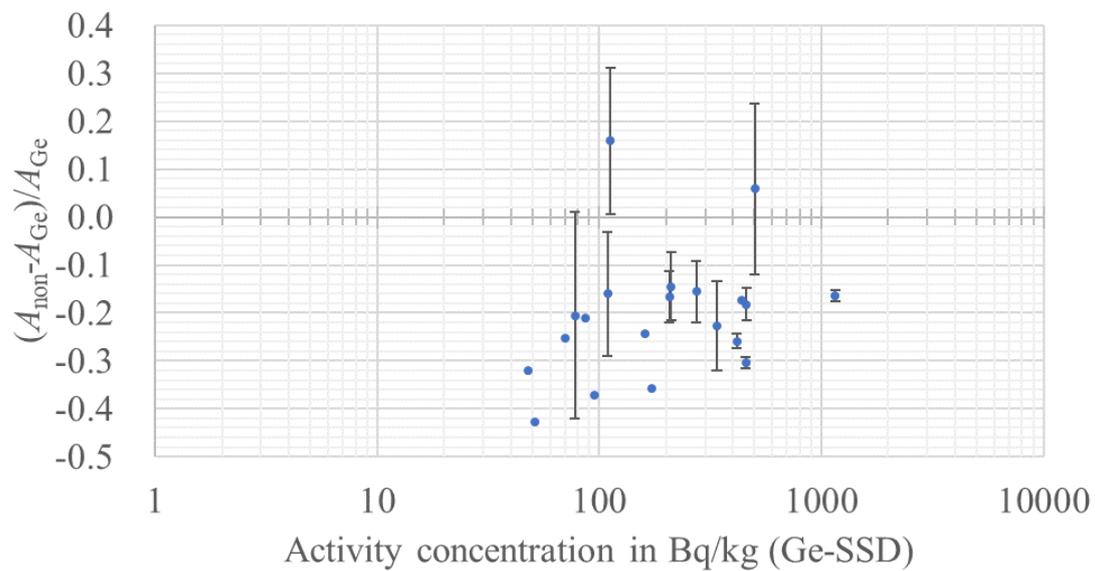


図7 続き

カワムラフウセンタケ

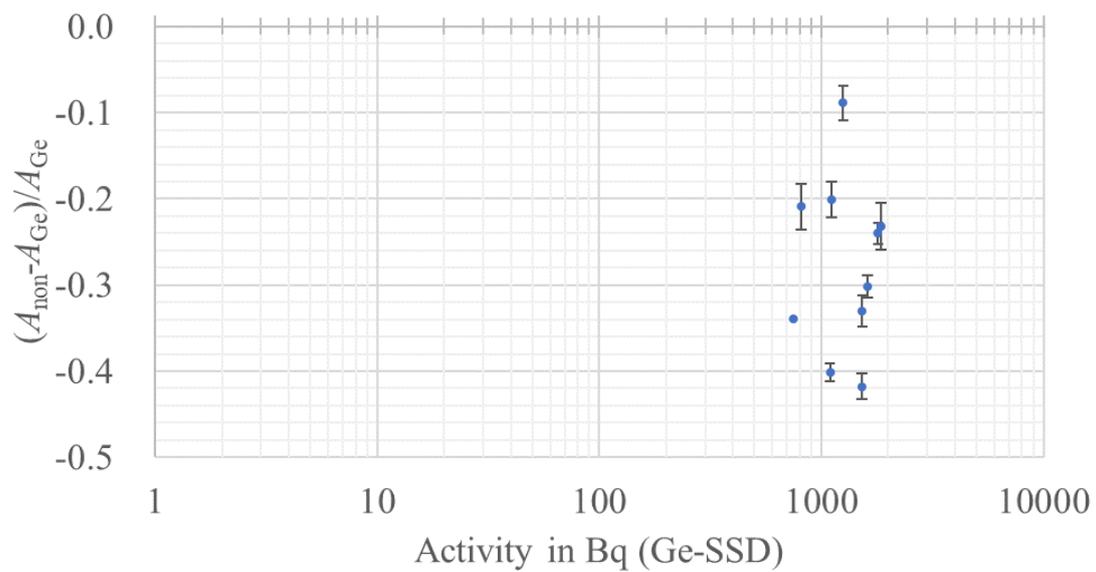
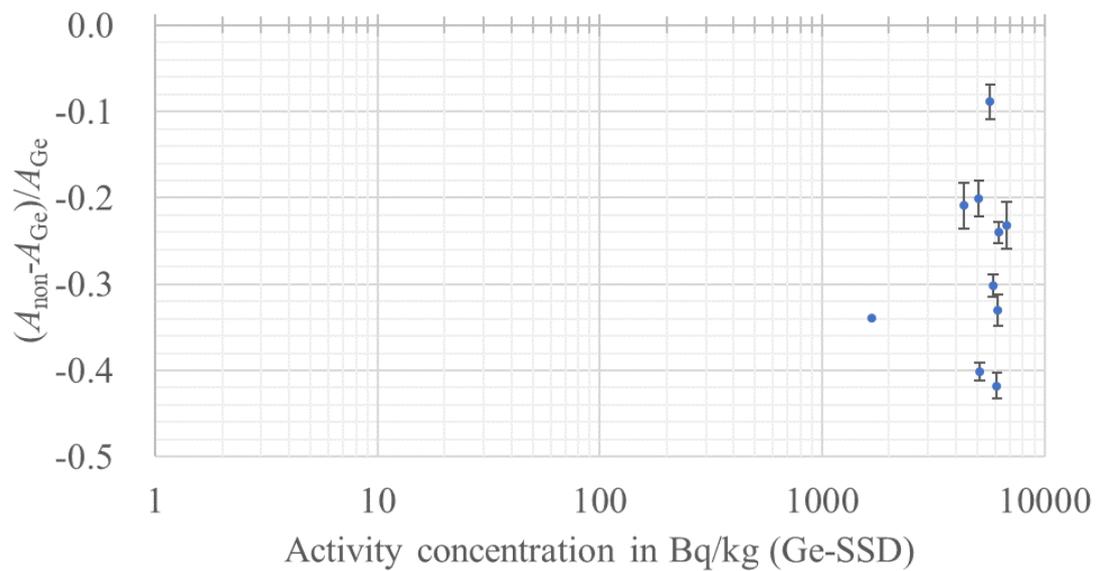


図7 続き

クリタケ

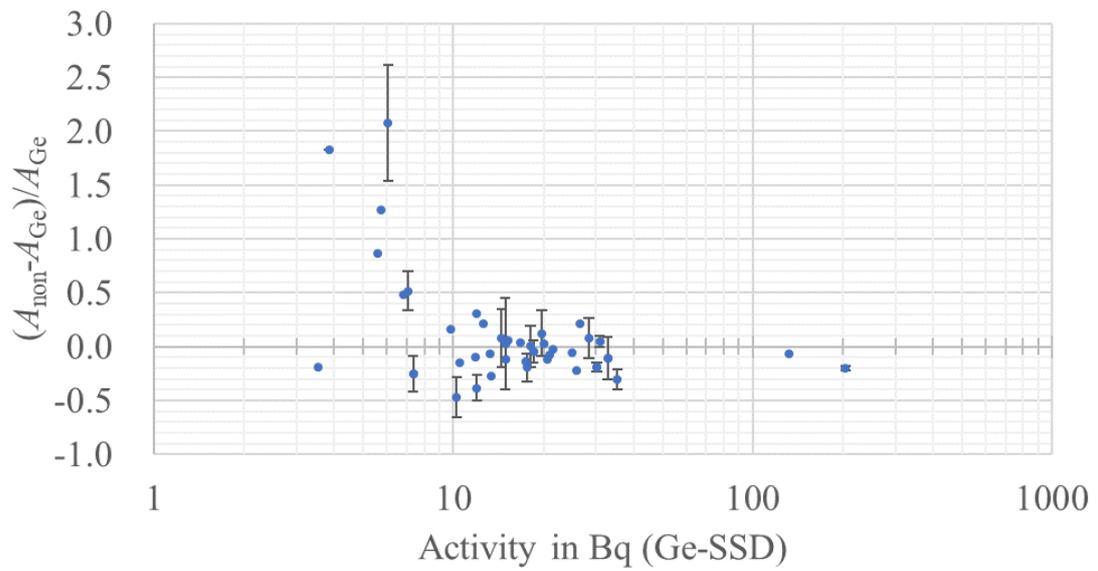
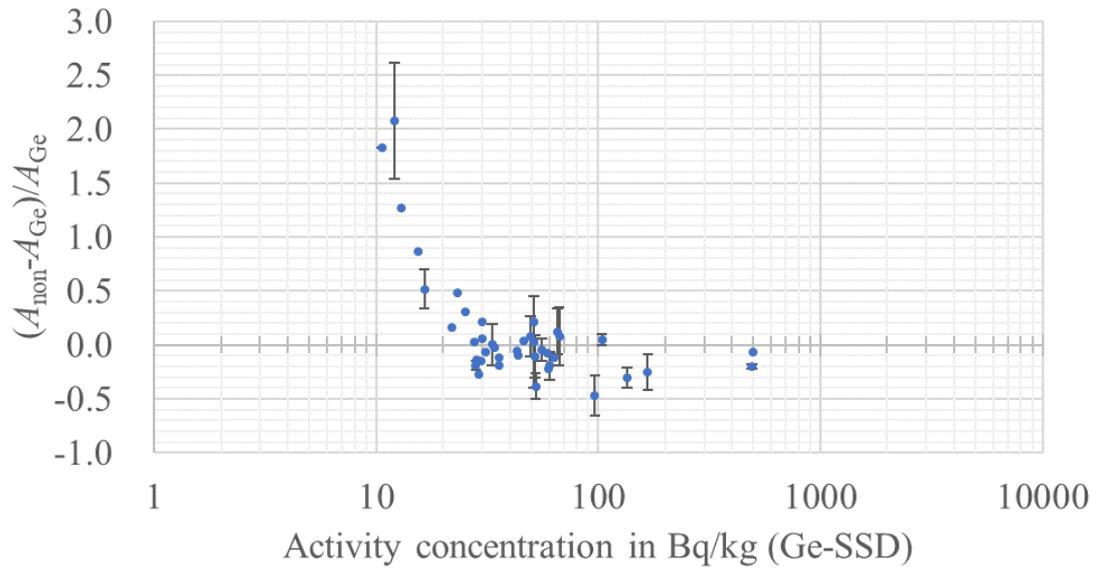


図7 続き

コウタケ

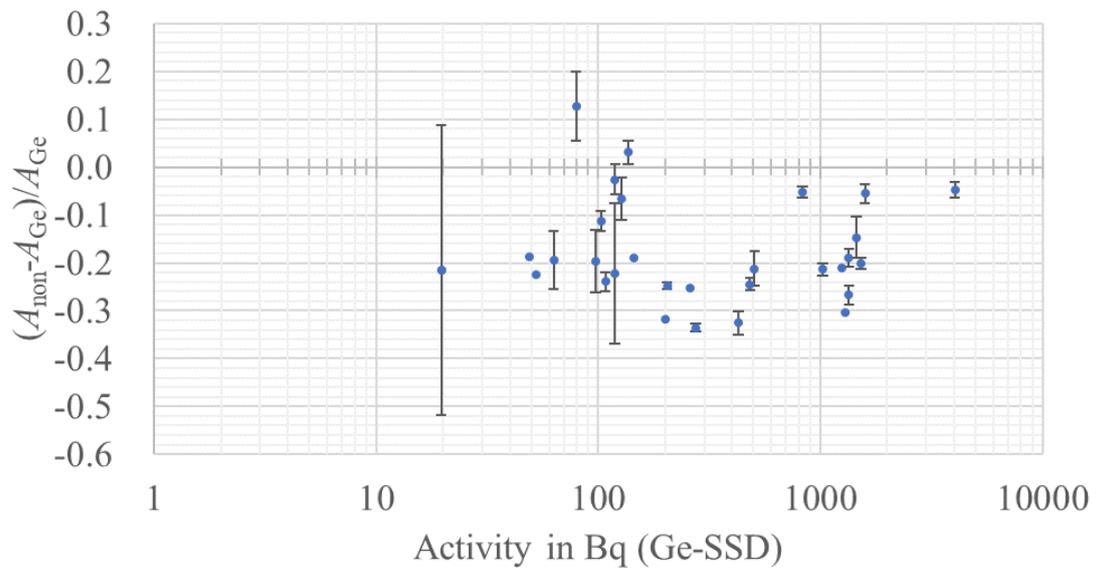
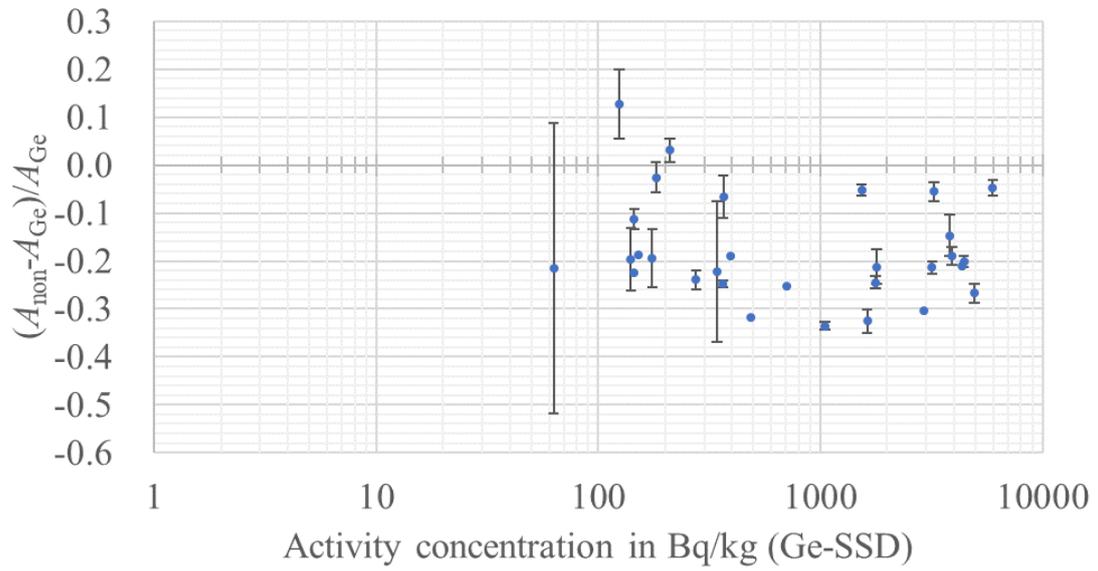


図7 続き

コガネタケ

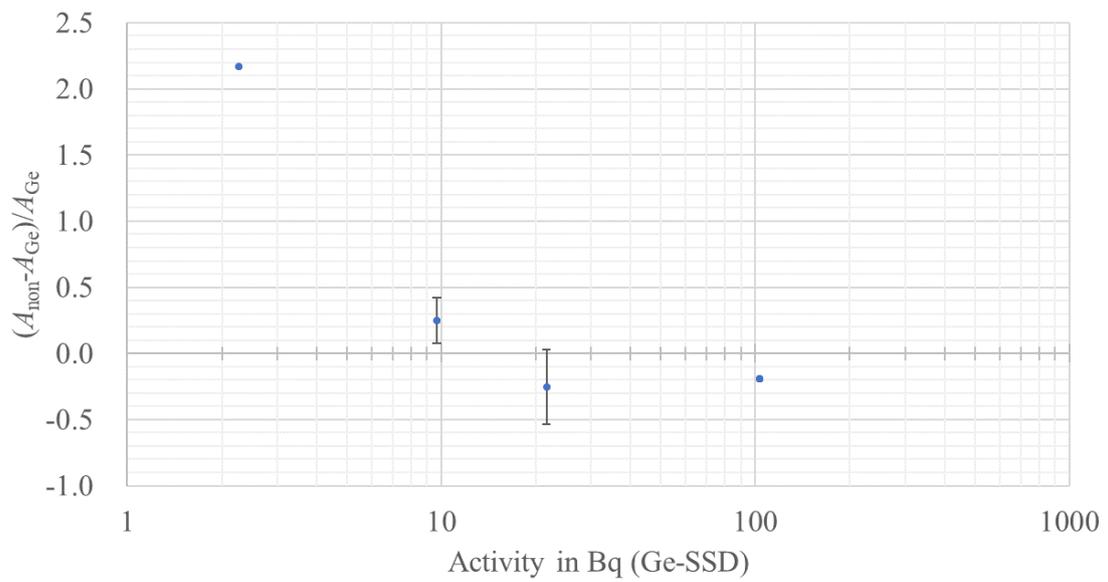
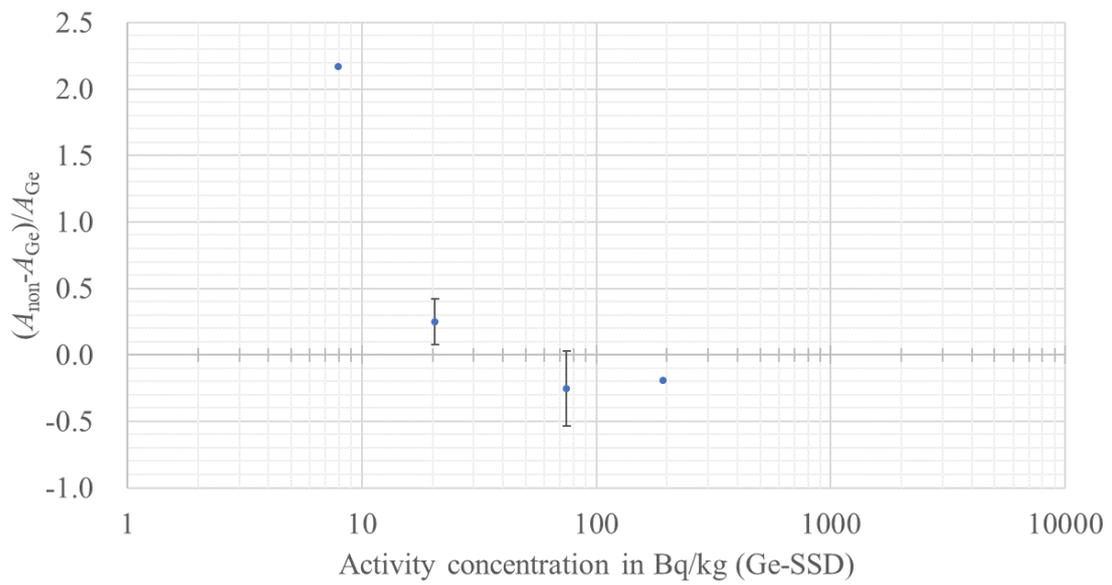


図7 続き

サクラシメジ

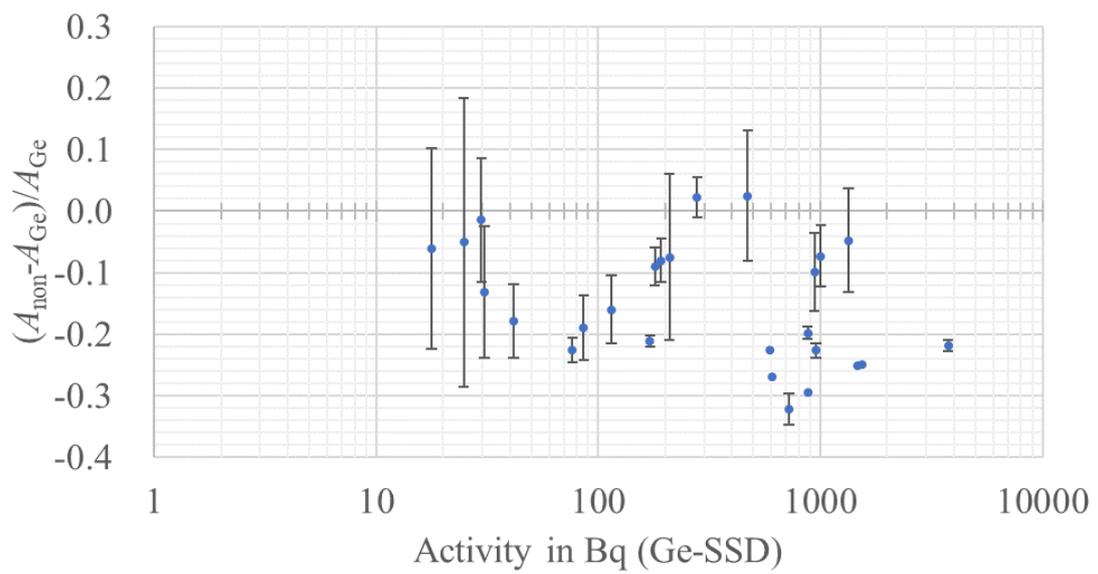
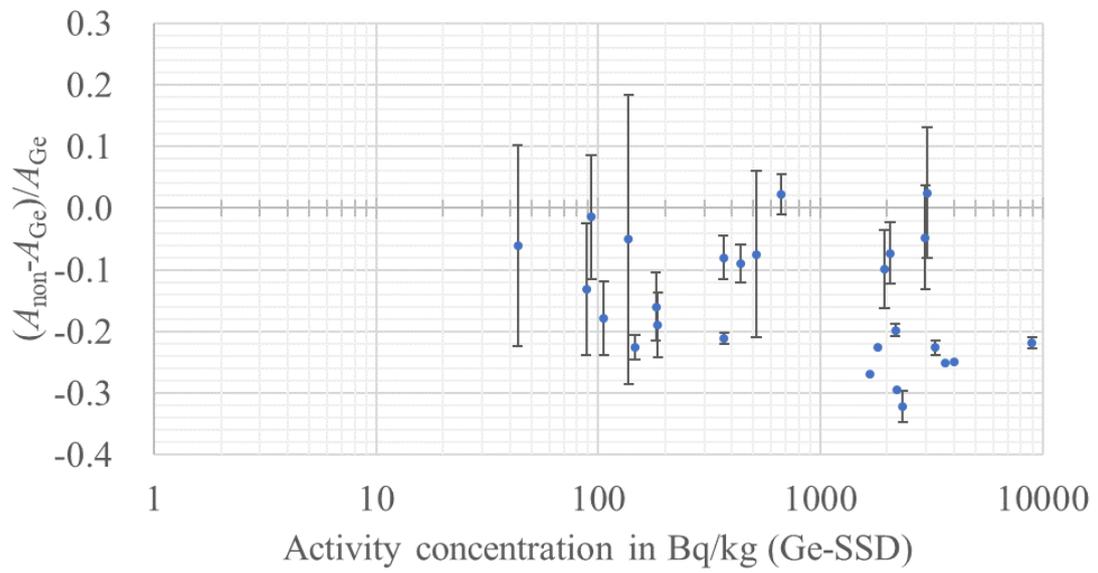


図7 続き

シロシメジ

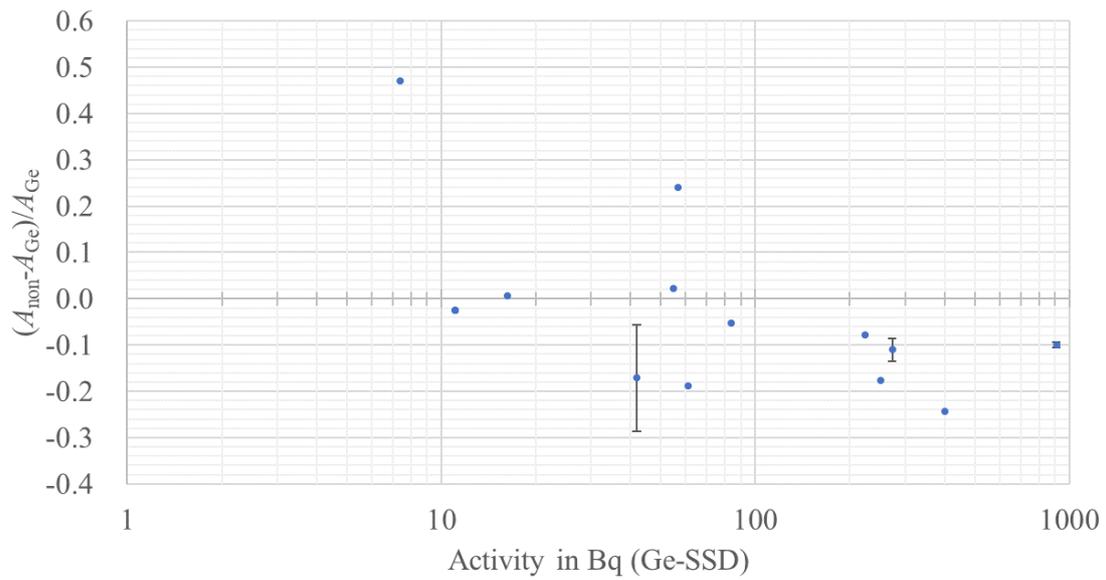
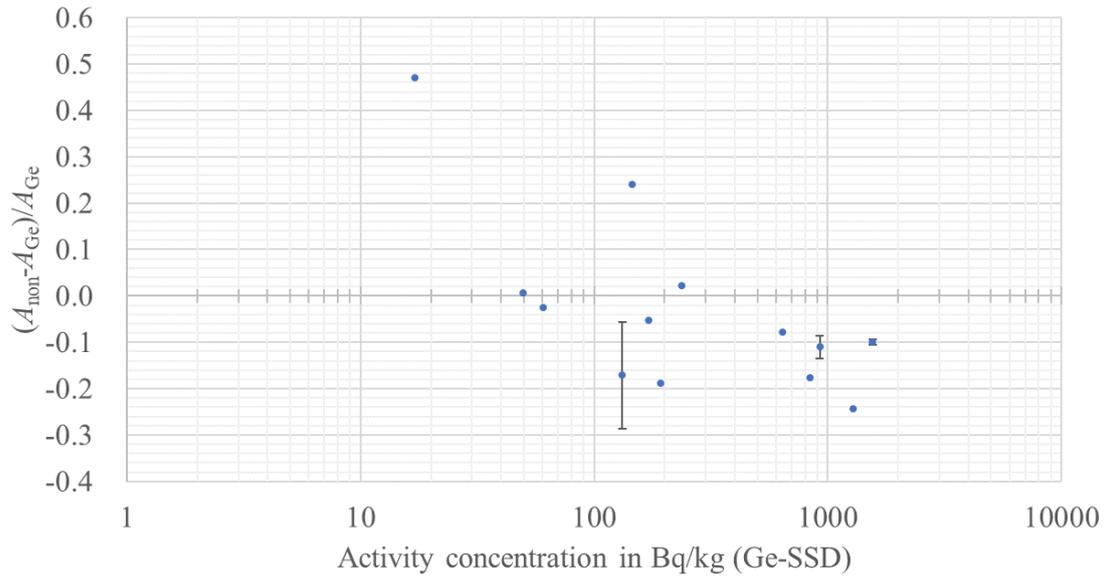


図7 続き

スギタケ

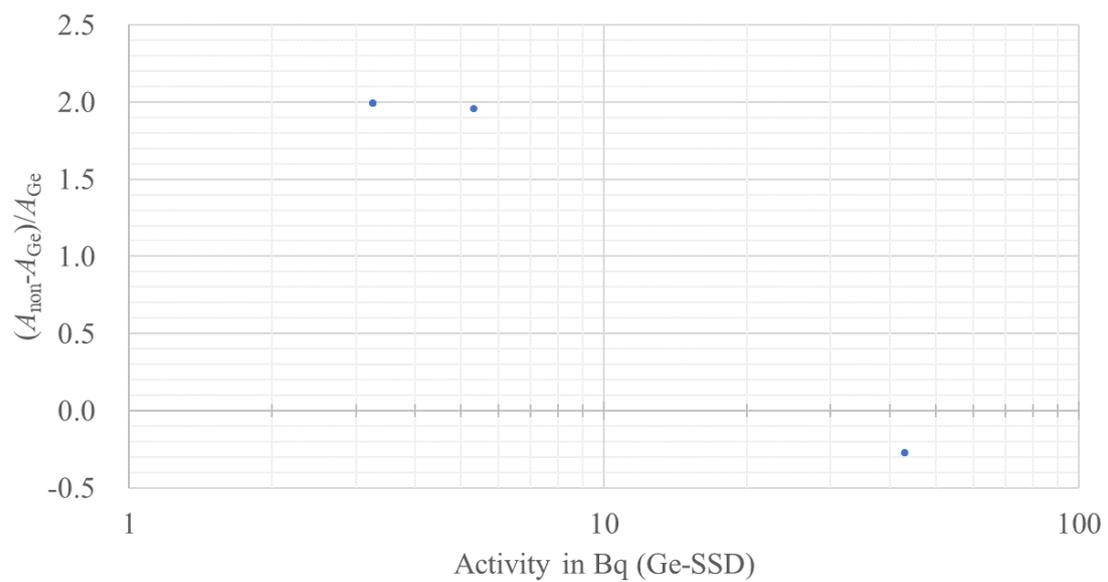
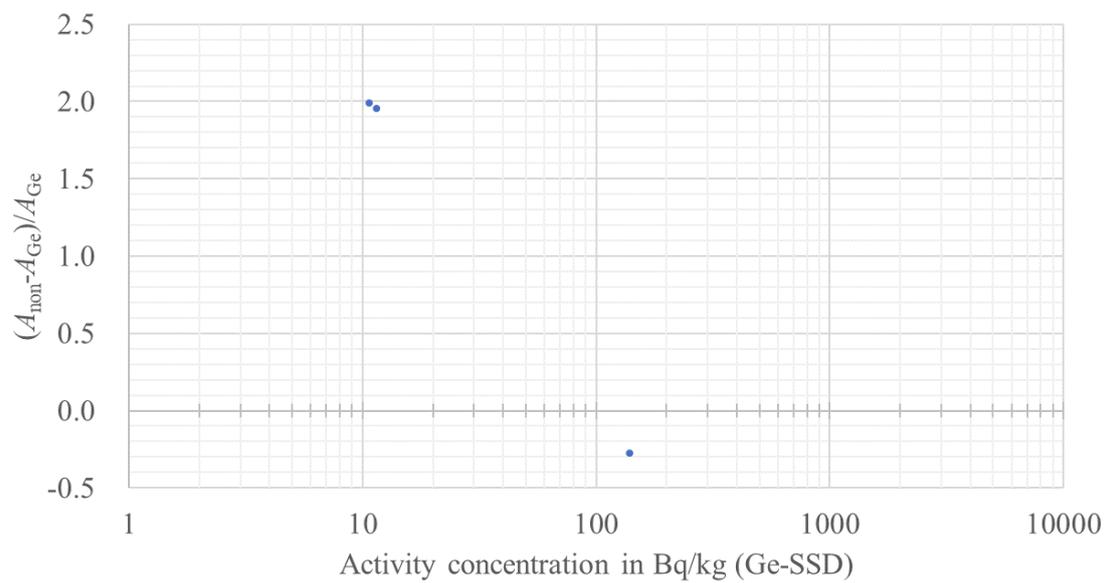


図7 続き

ナメコ

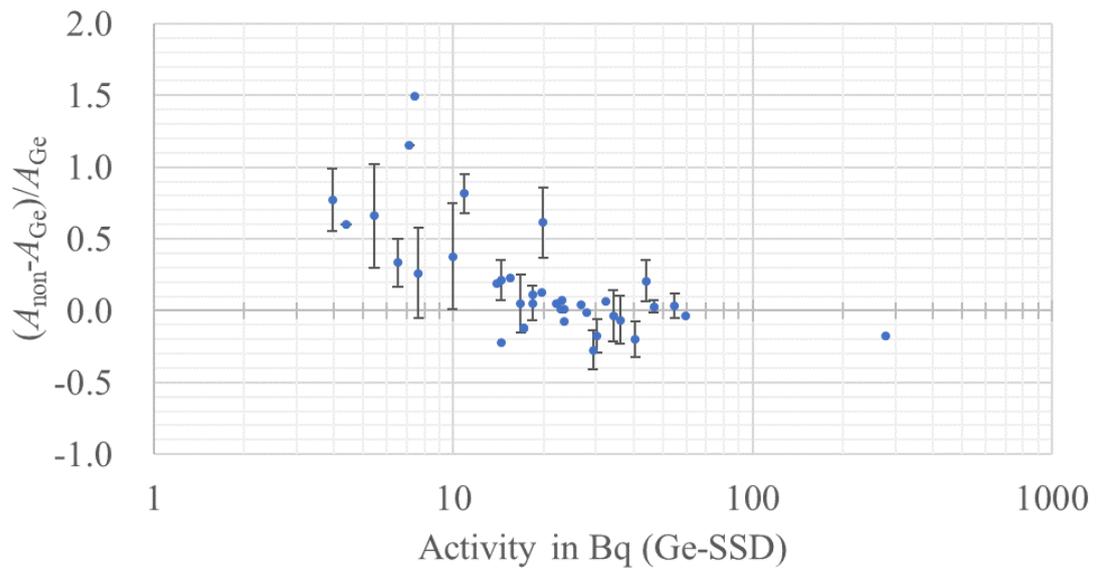
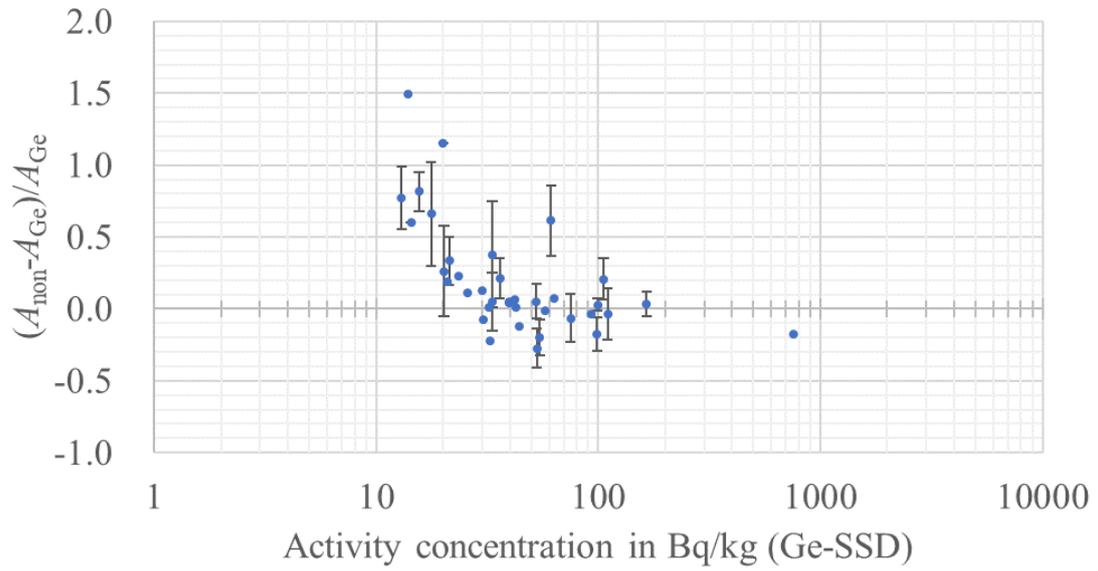


図7 続き

ナラタケ

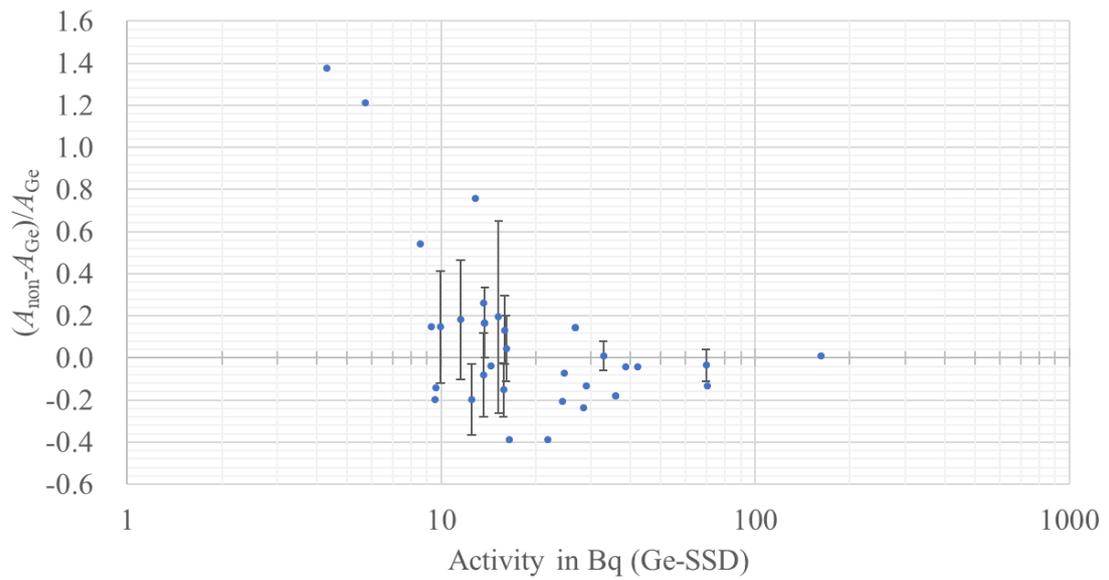
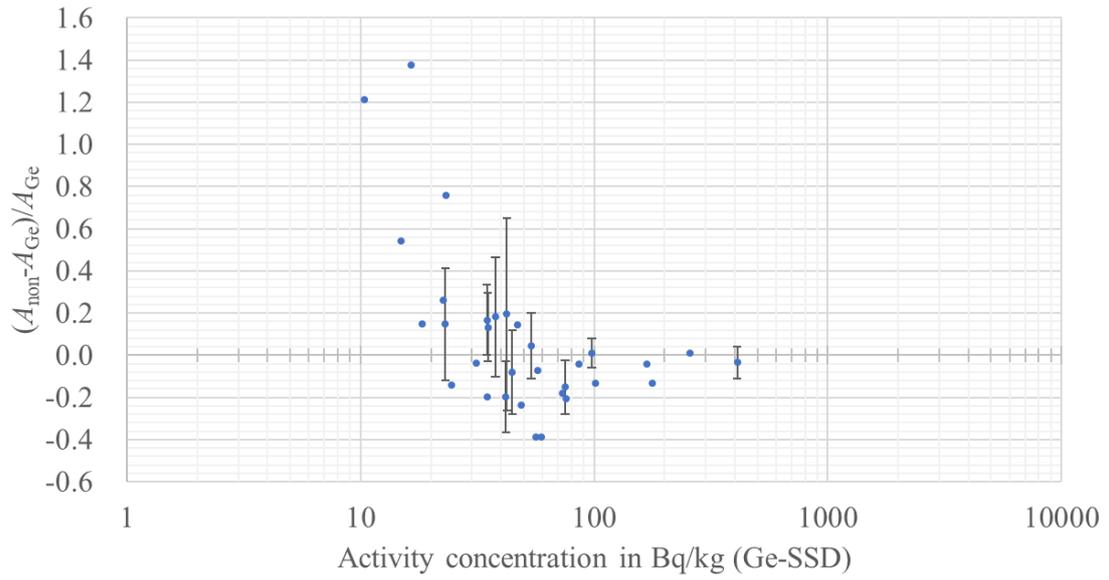


図7 続き

ハイイロシメジ

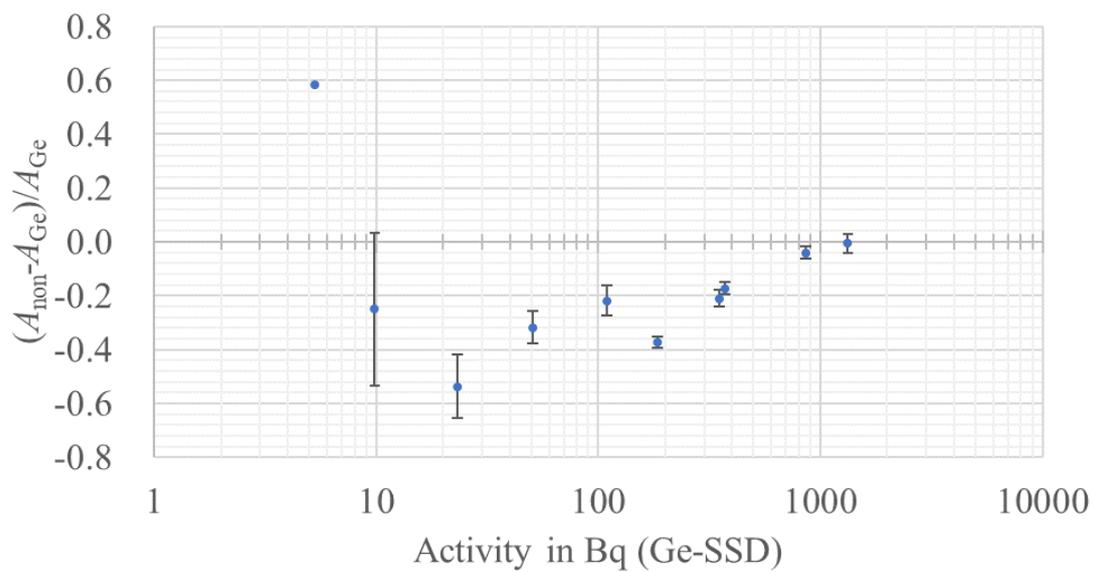
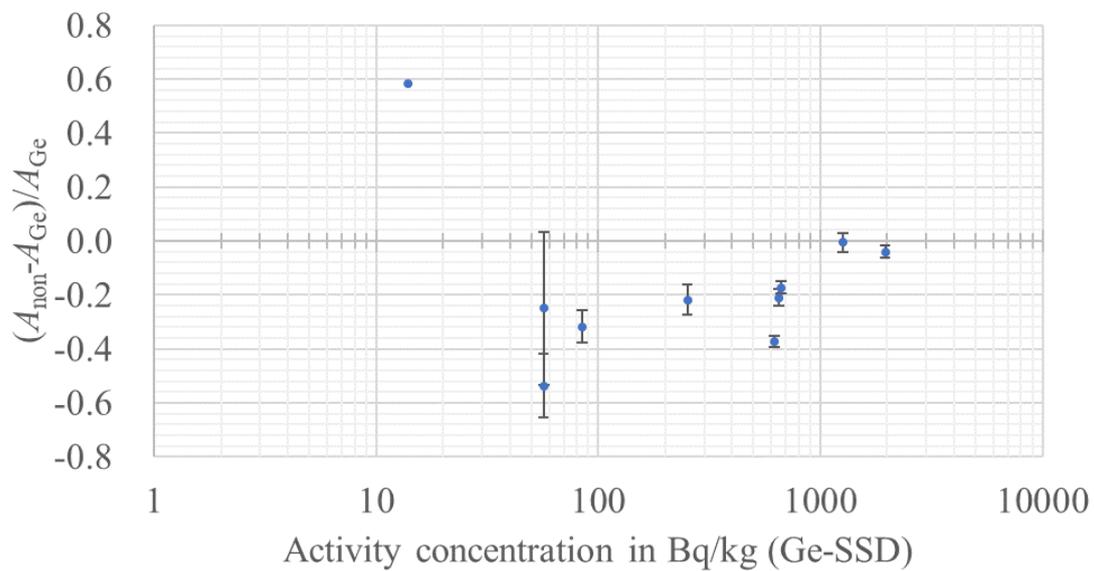


図7 続き

ハタケシメジ

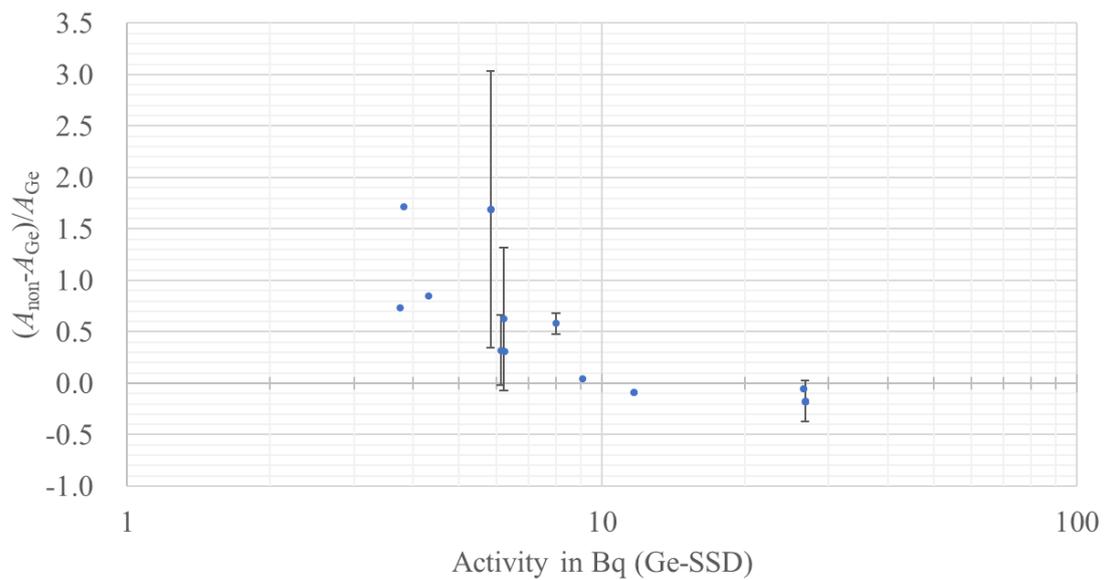
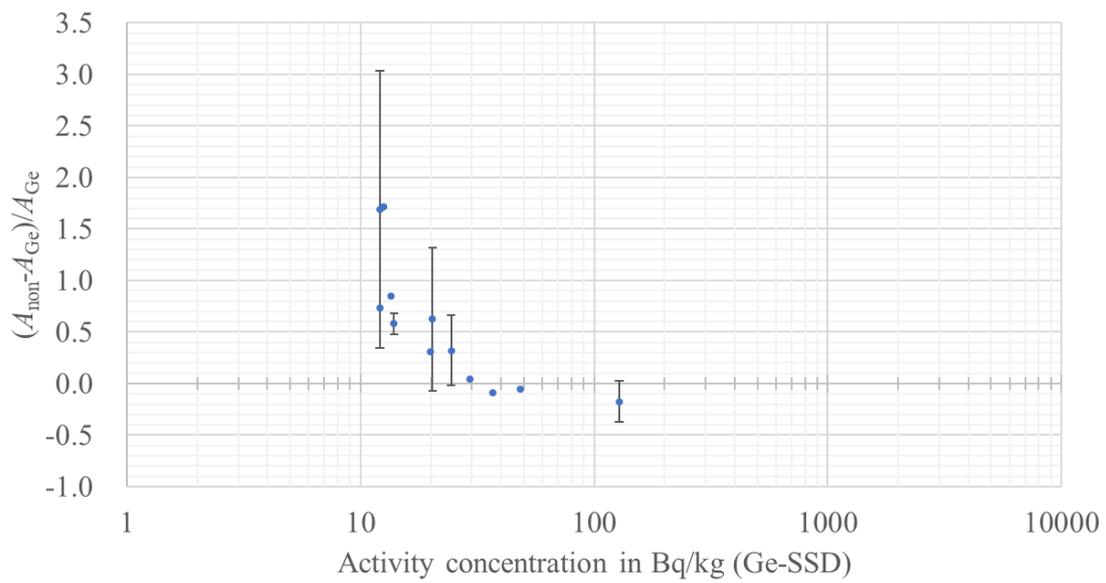


図7 続き

ヒラタケ

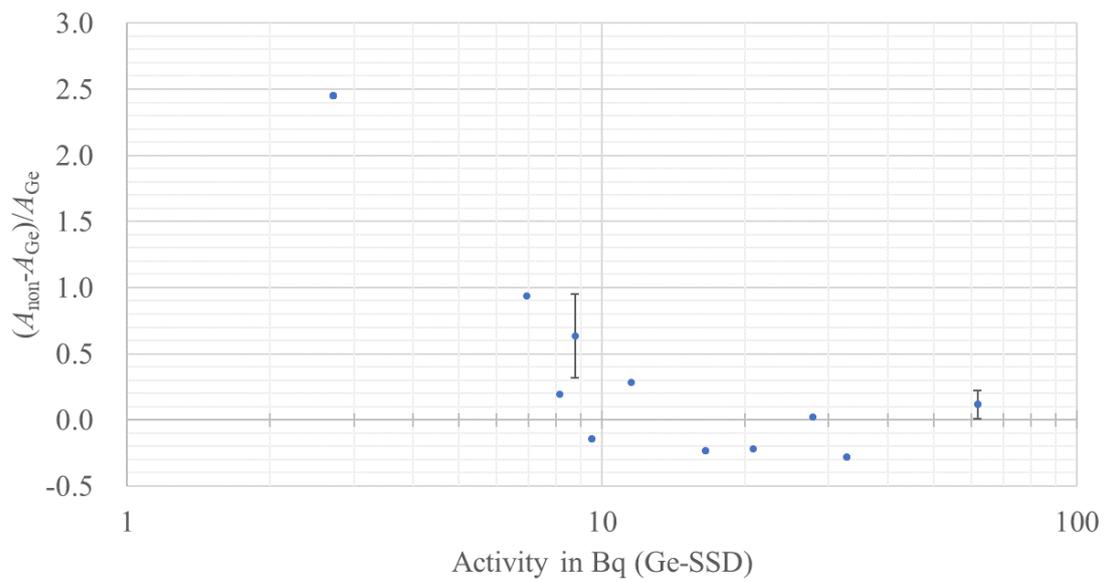
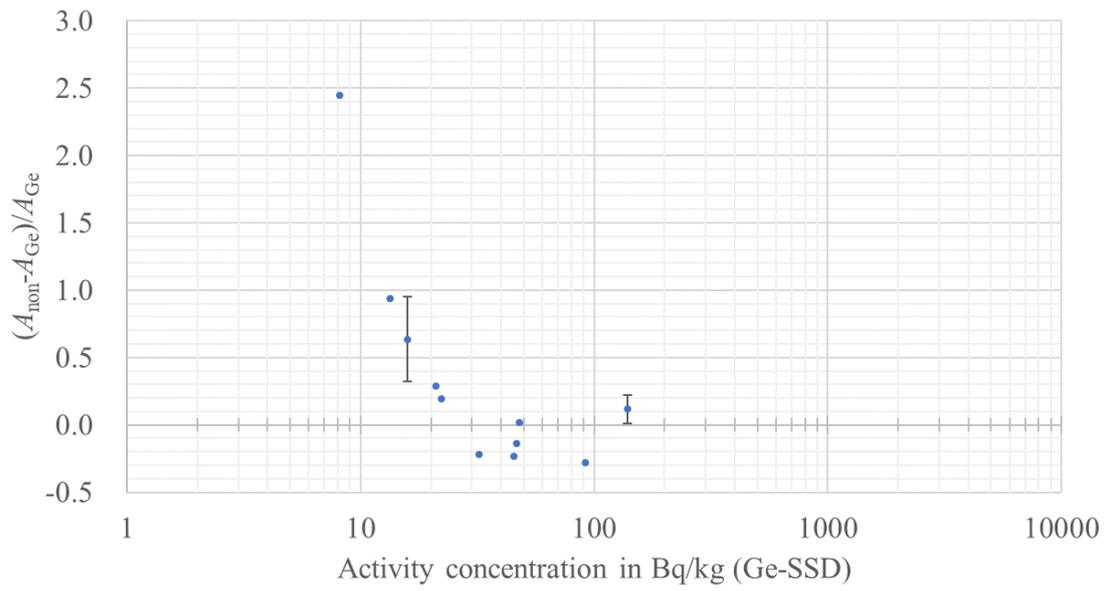


図7 続き

ブナハリタケ

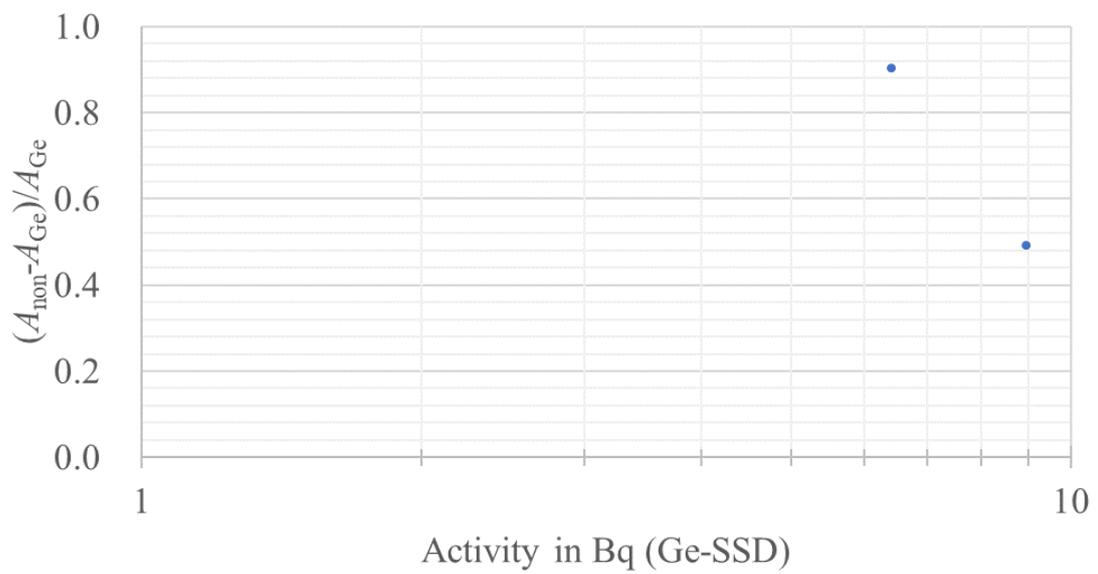
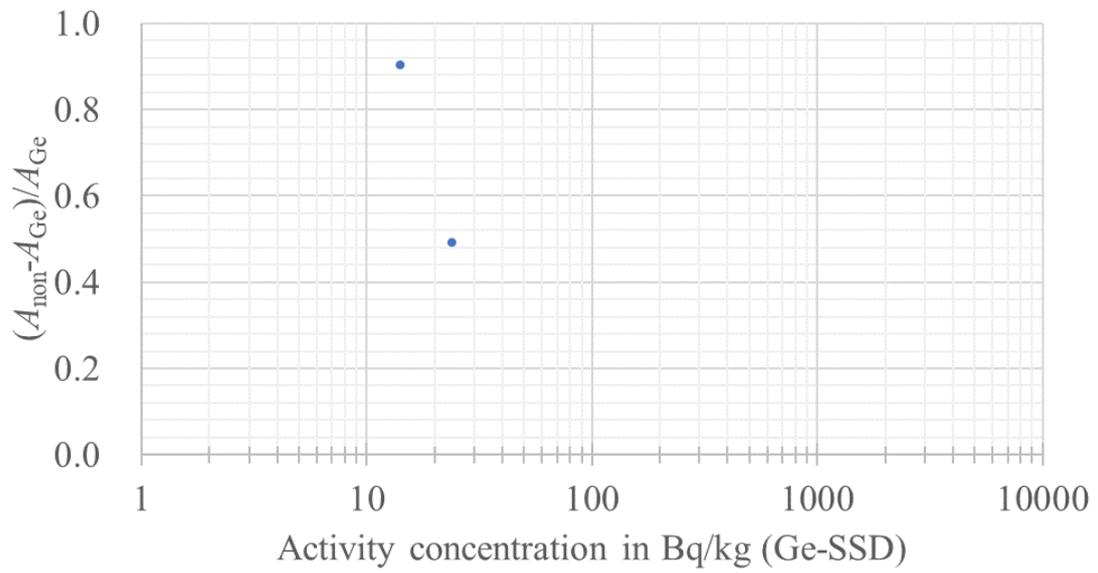


図7 続き

マイタケ

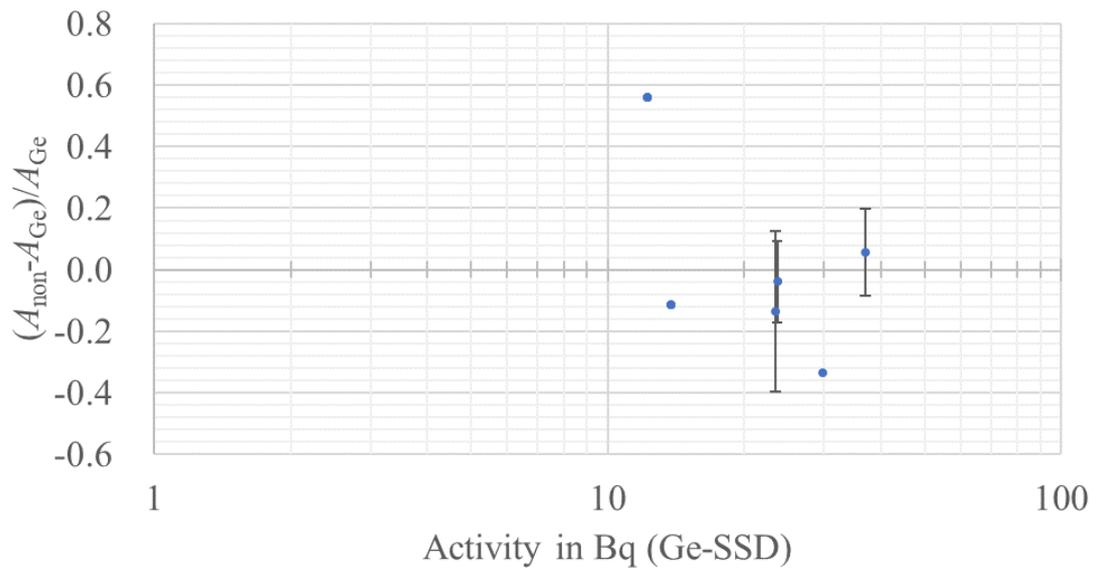
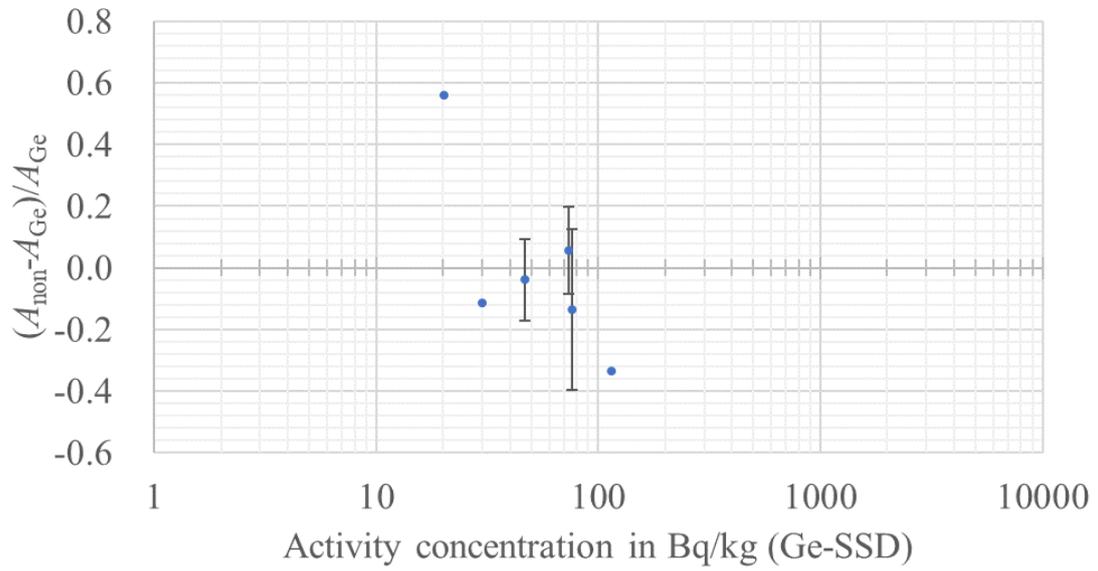


図7 続き

マツタケ

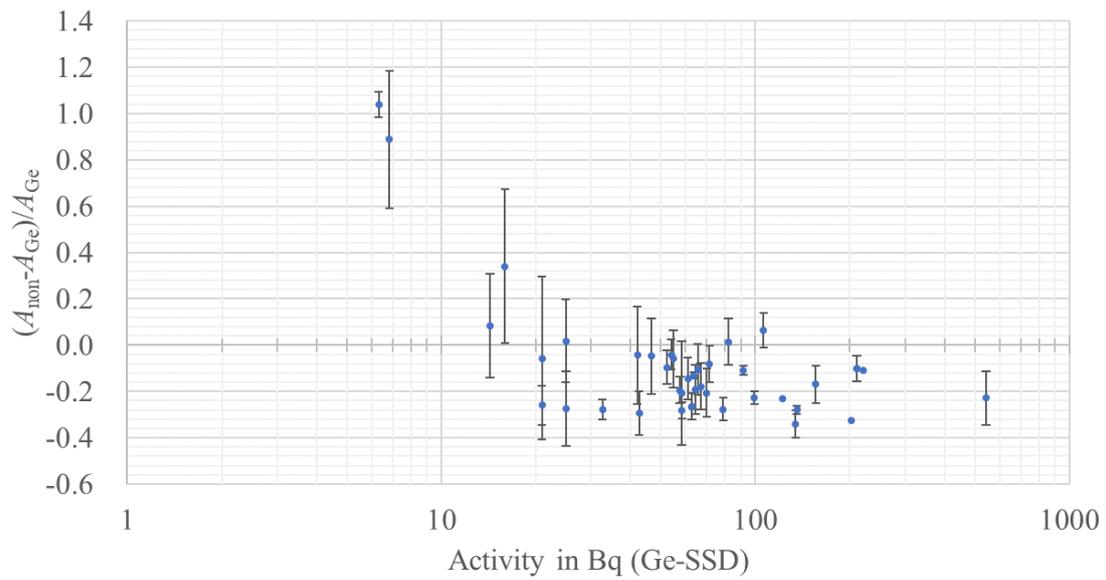
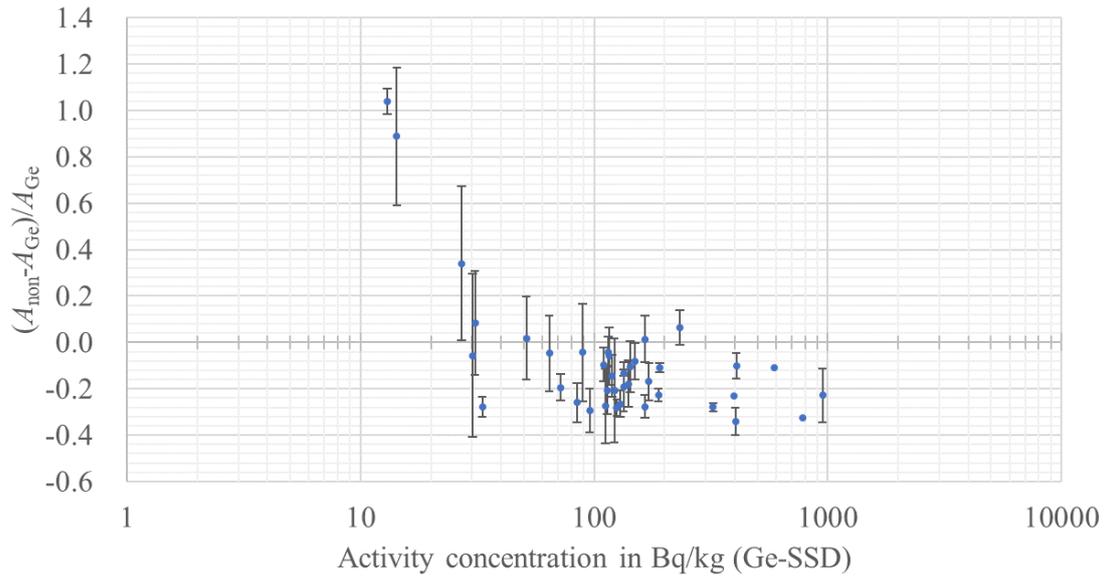


図7 続き

ムキタケ

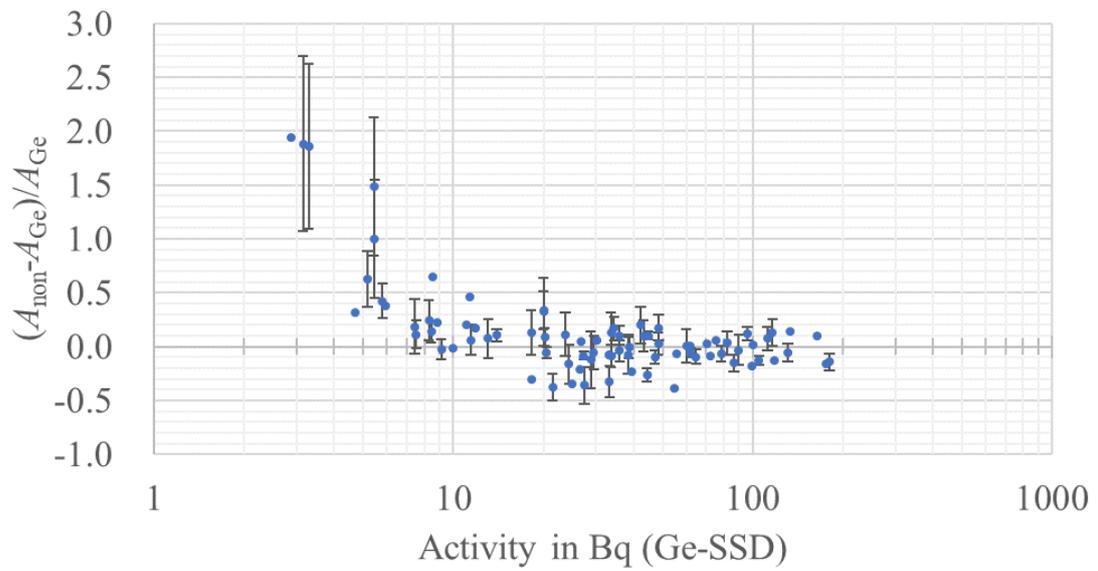
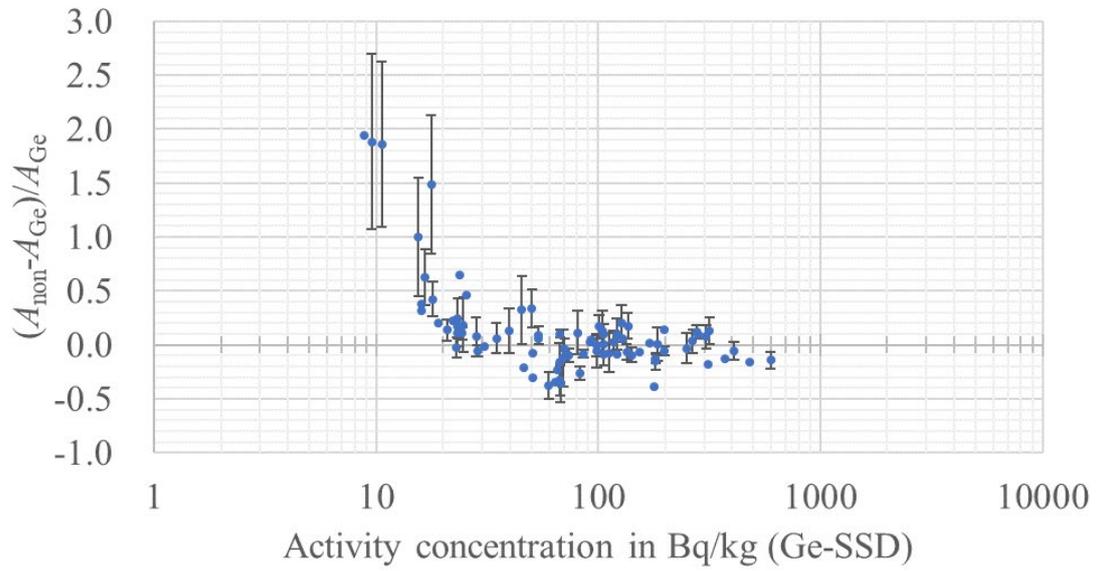


図7 続き

ムラサキシメジ

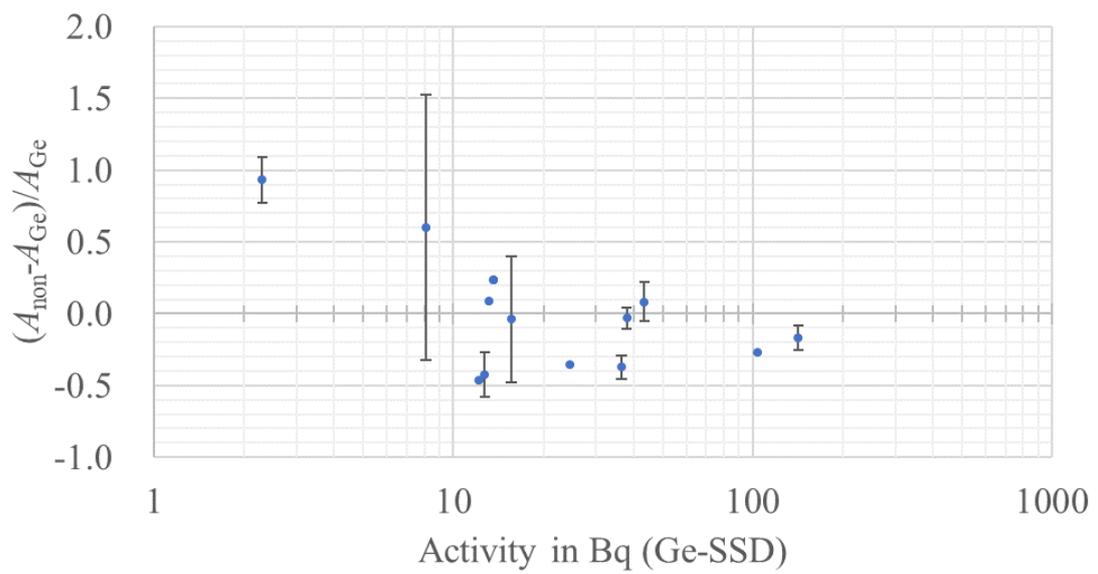
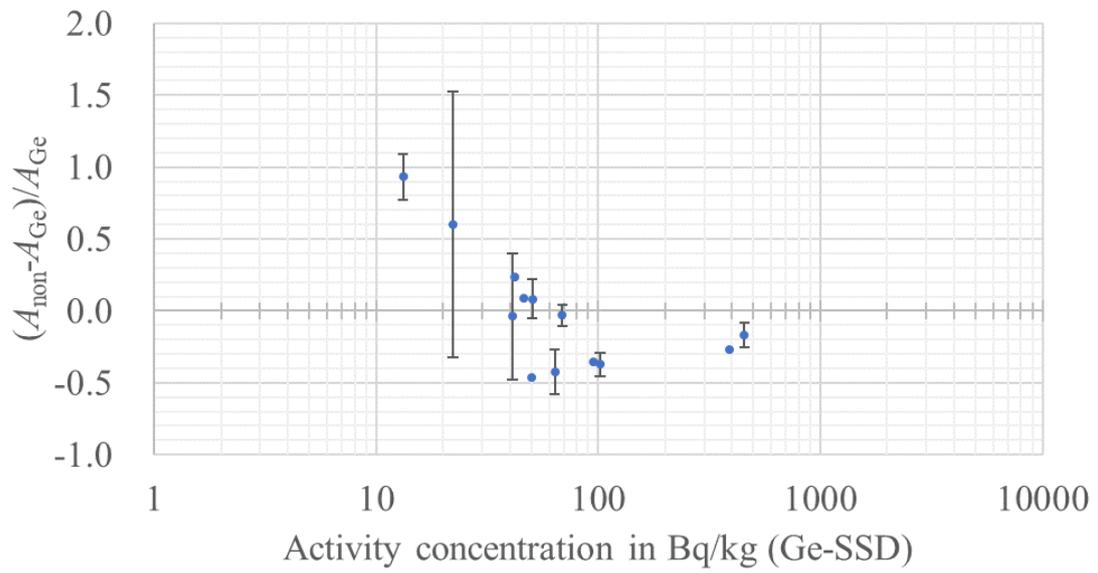


図7 続き

チチタケ

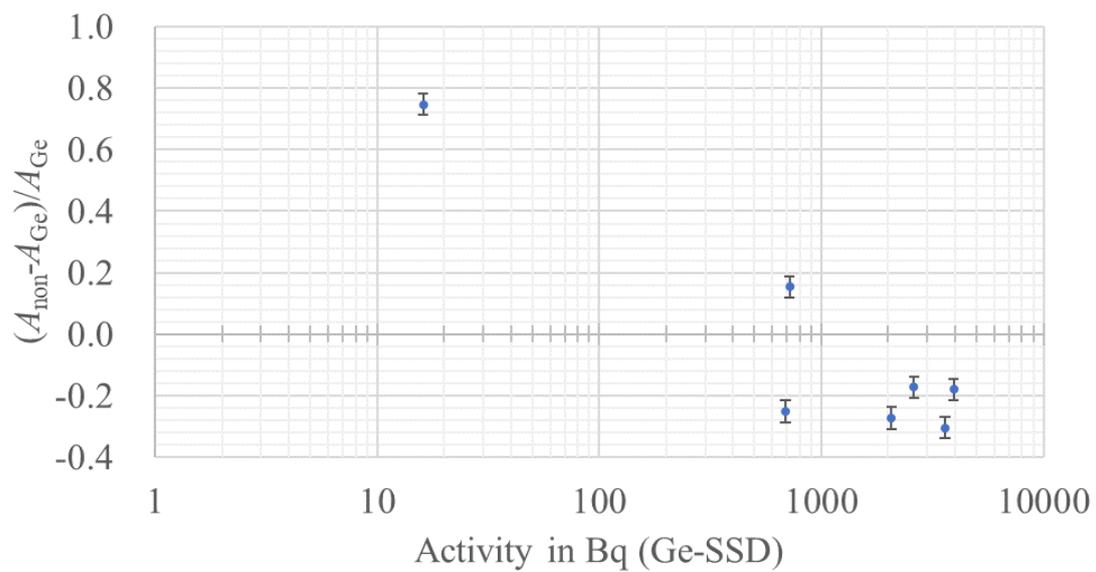
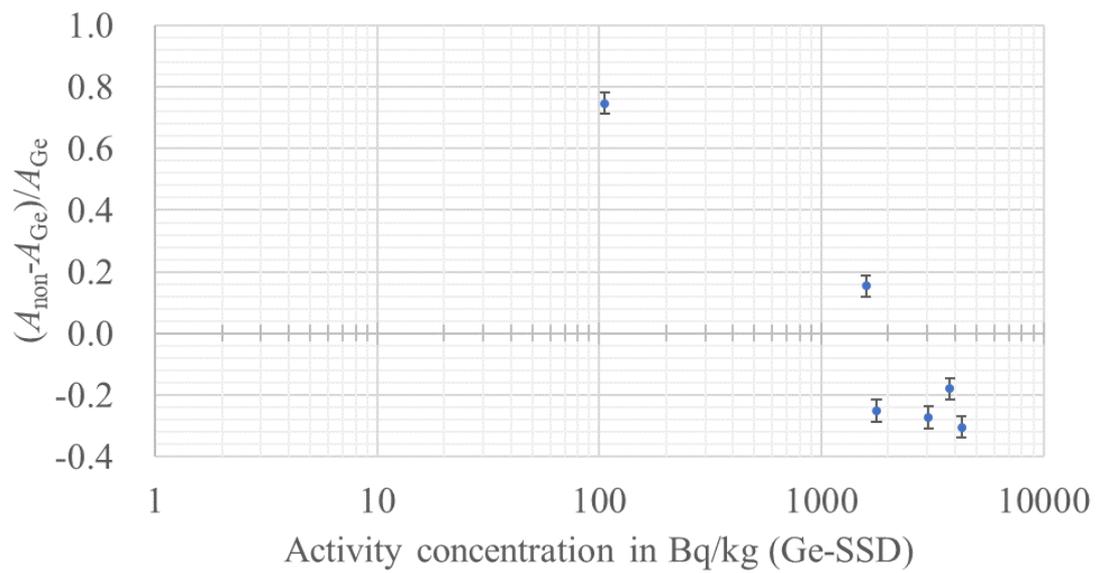


図7 続き

野生キノコ類

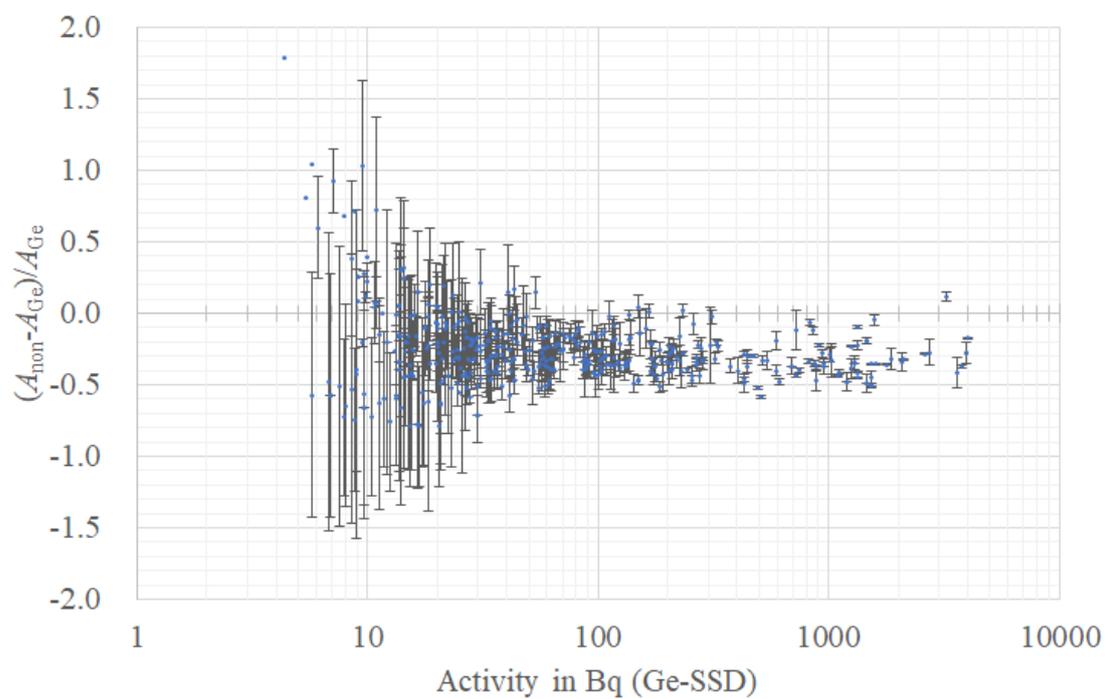
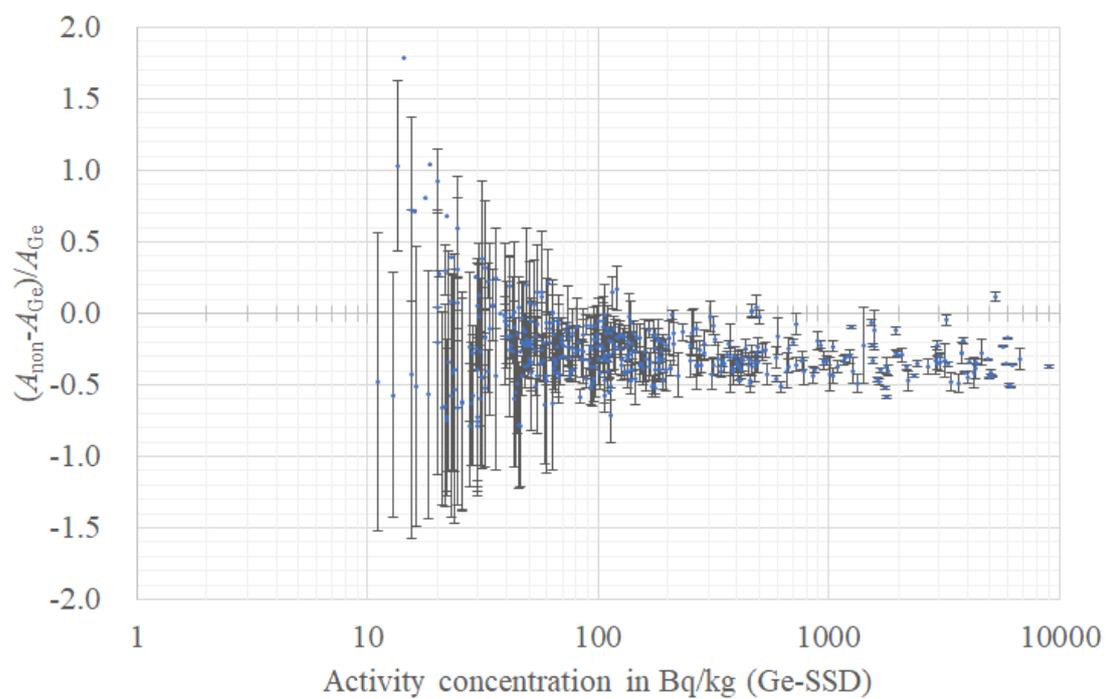


図8 非破壊式装置 (NDA2) による測定結果の Ge 検出器の結果
(上段：放射能濃度 下段：放射能) との差

アマタケ

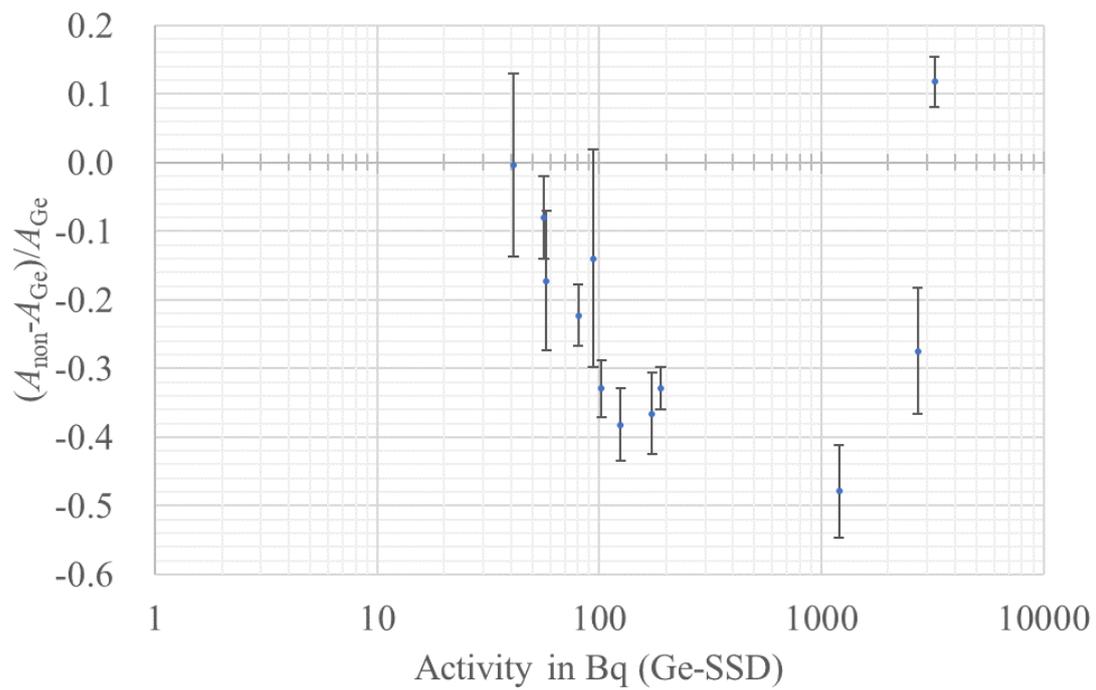
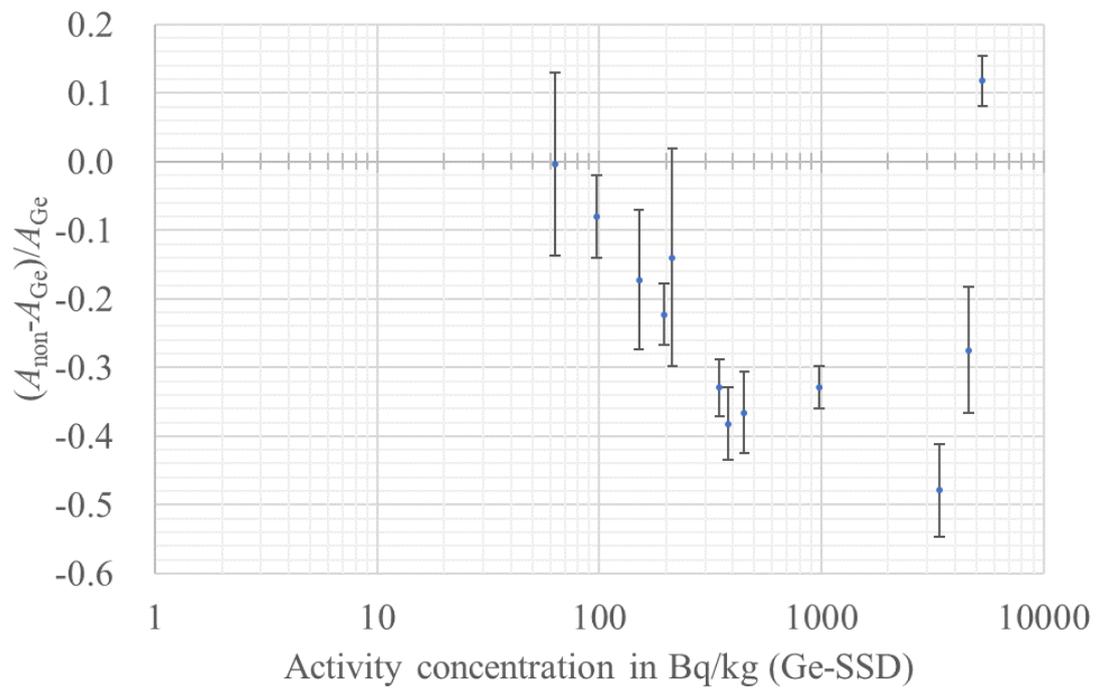


図8 続き

ウラベニホテイシメジ

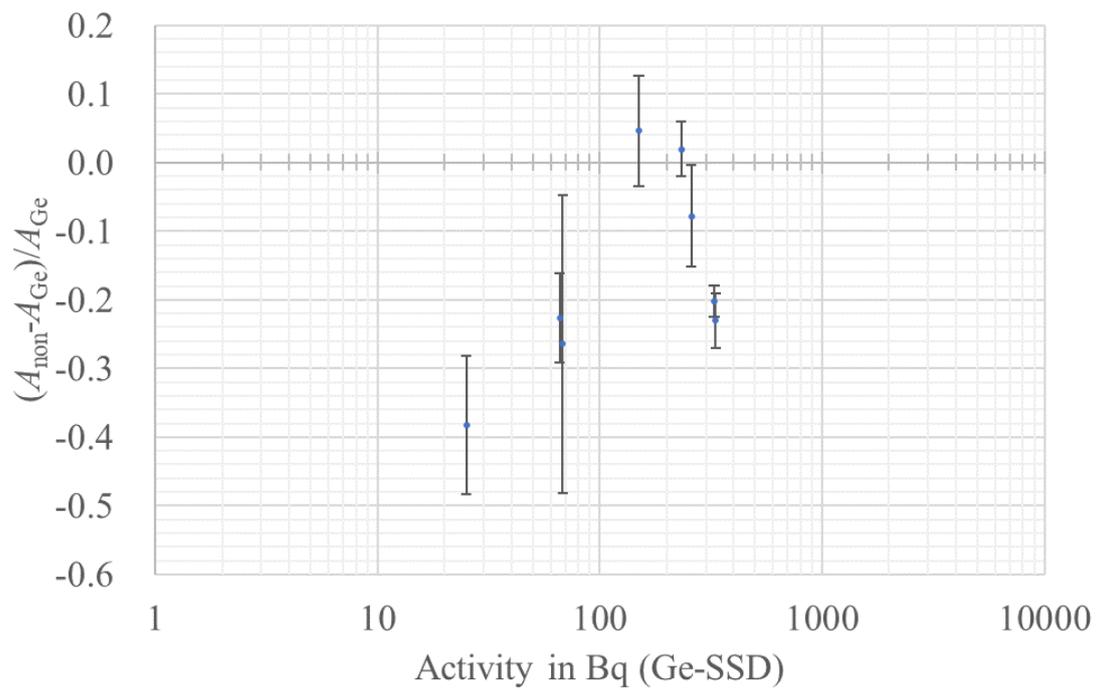
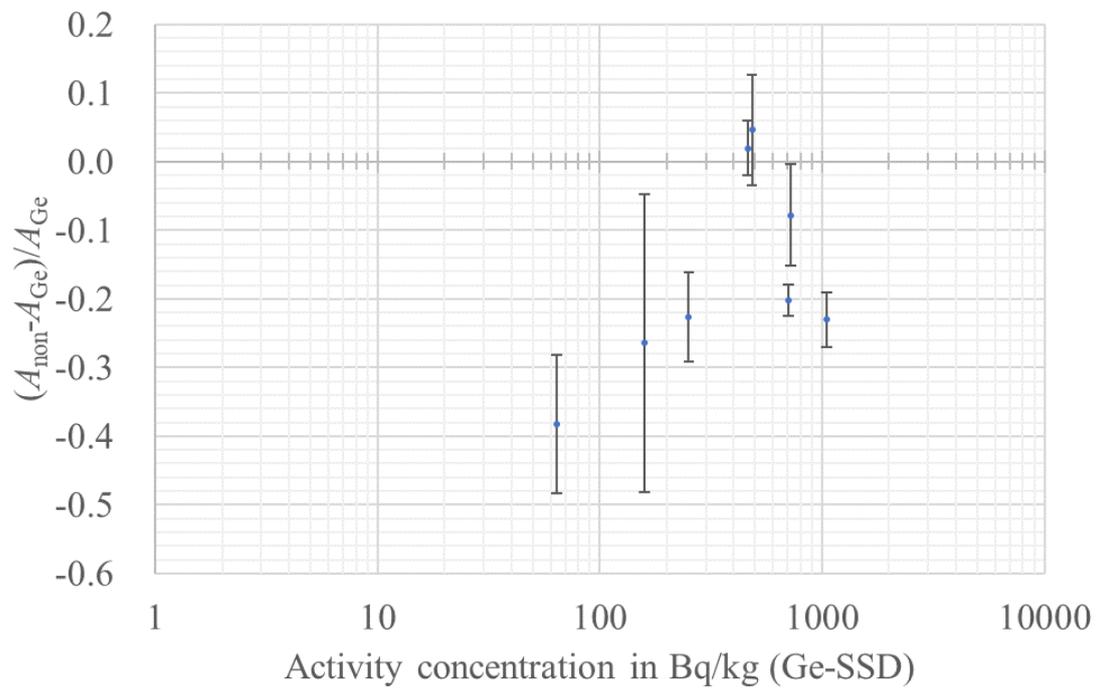


図8 続き

オオイチョウタケ

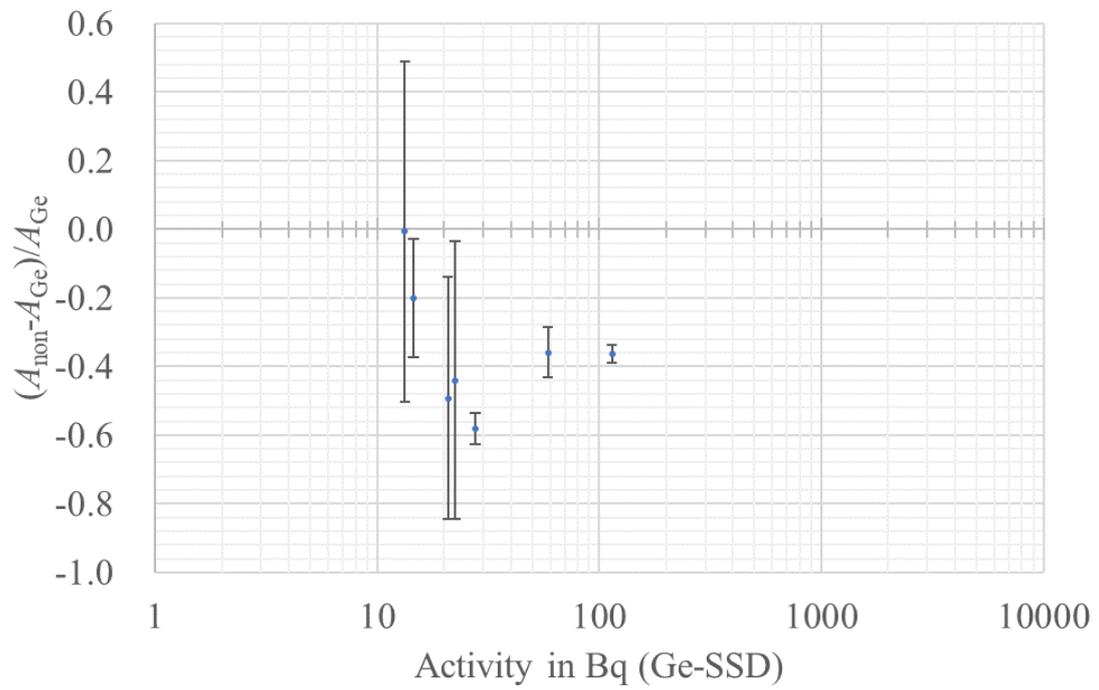
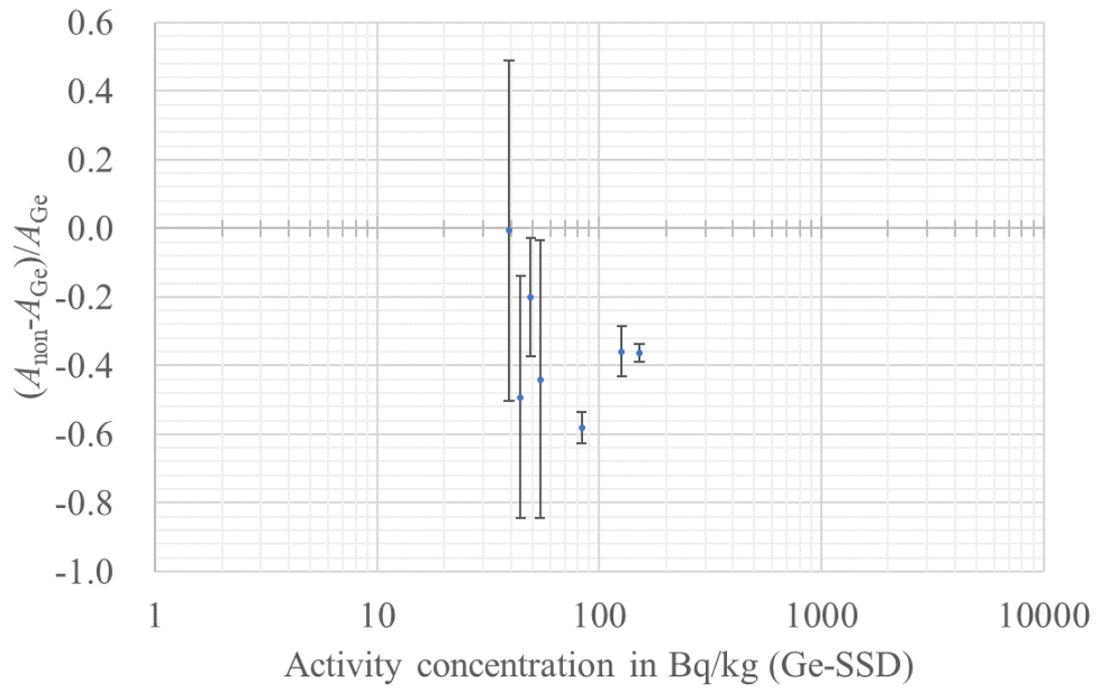


図 8 続き

カラストケ

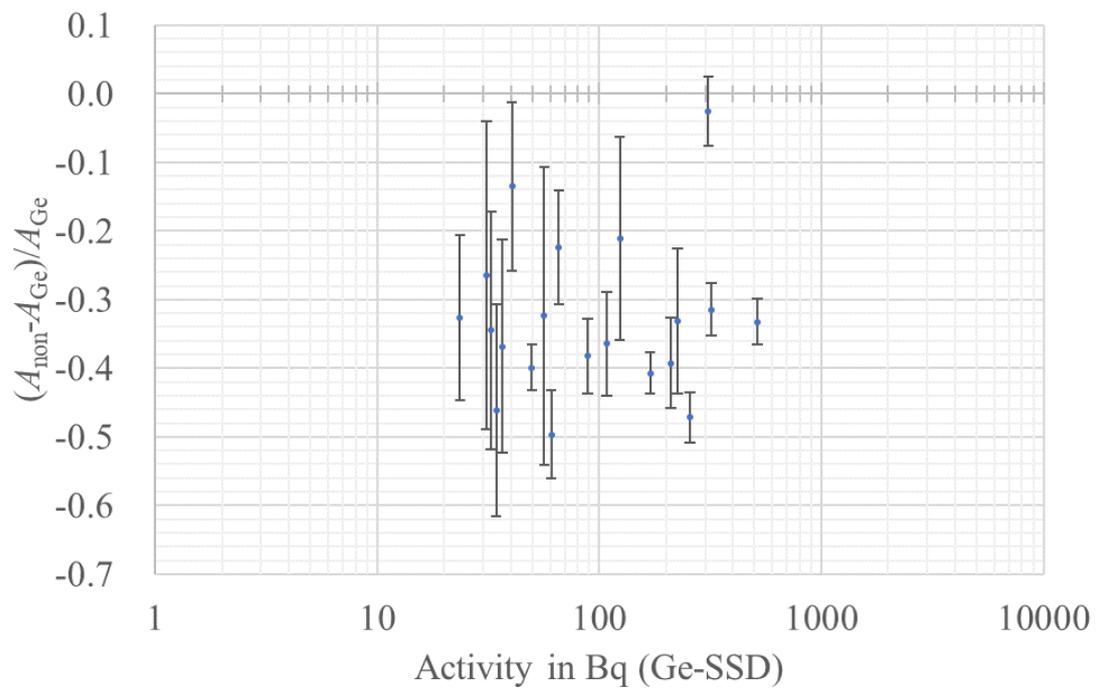
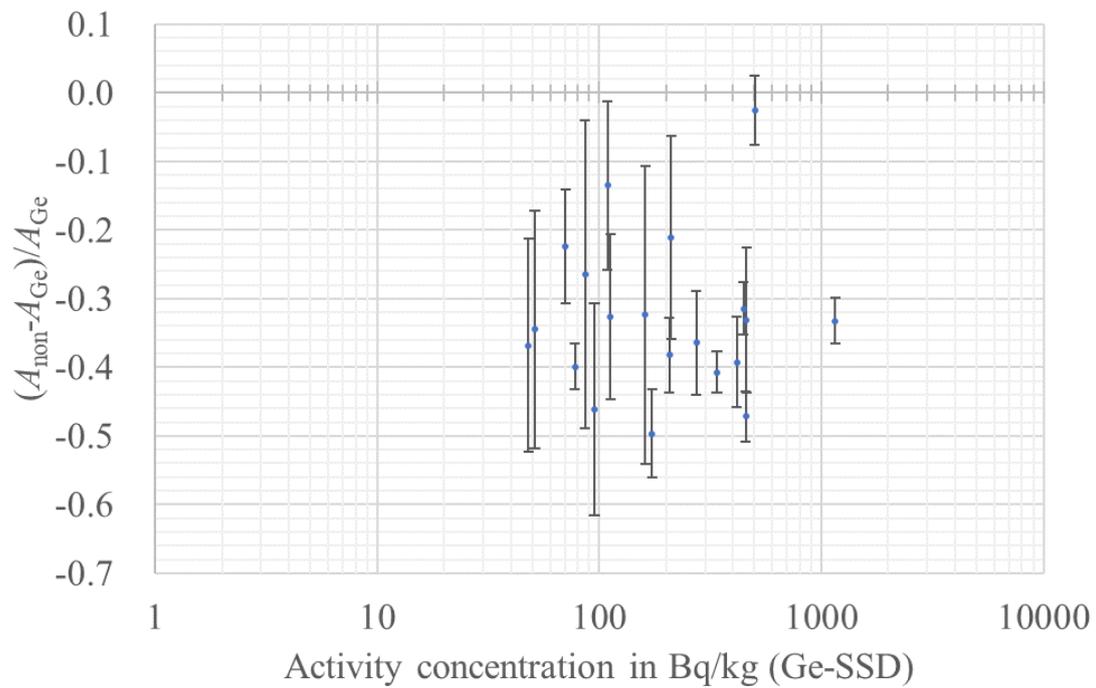


図 8 続き

カワムラフウセンタケ

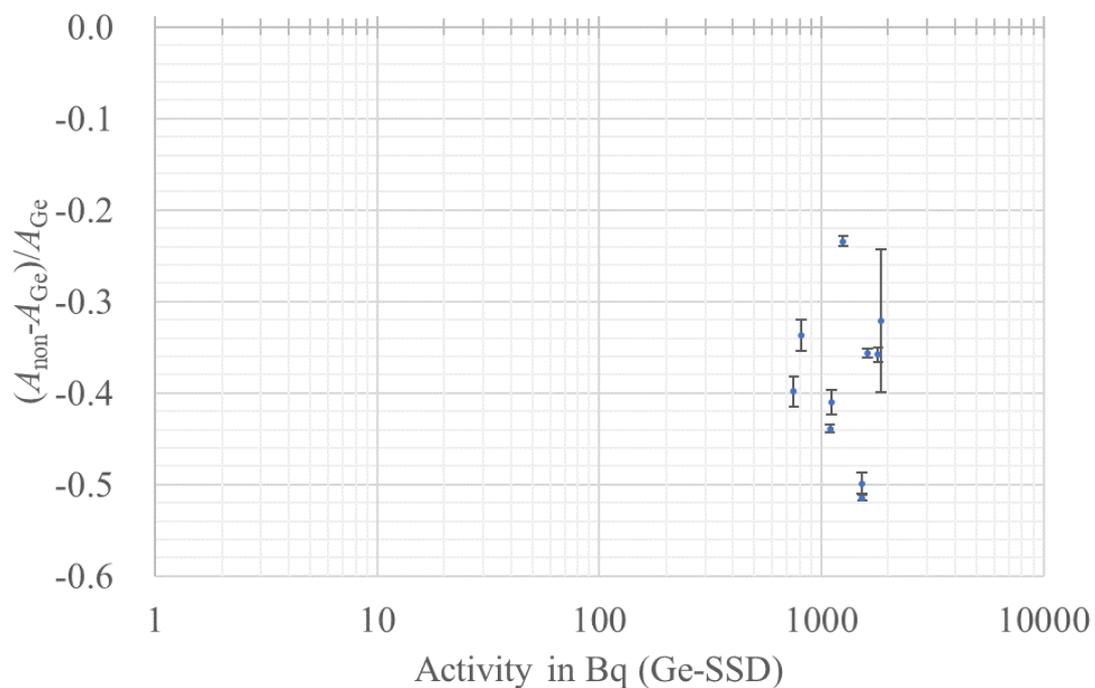
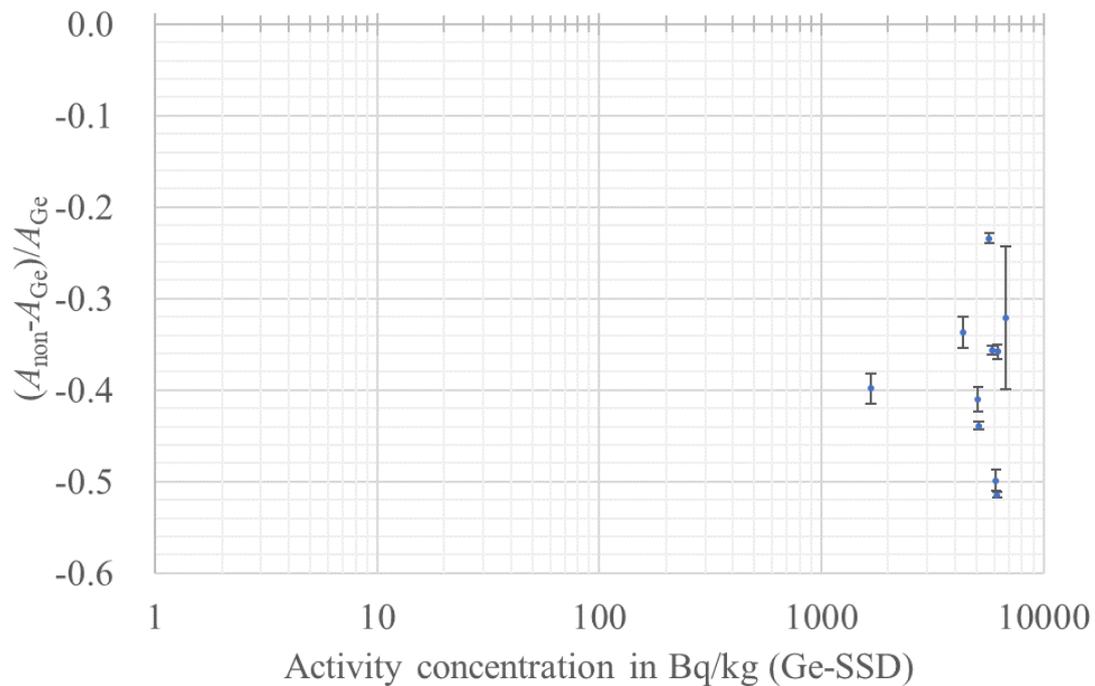


図8 続き

クリタケ

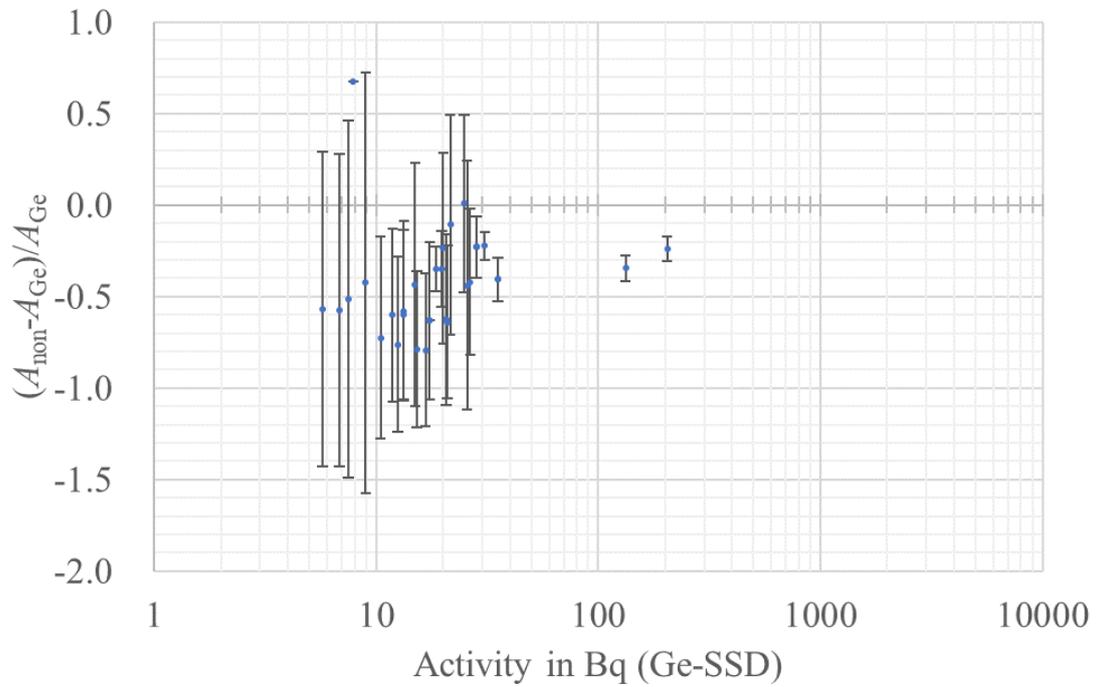
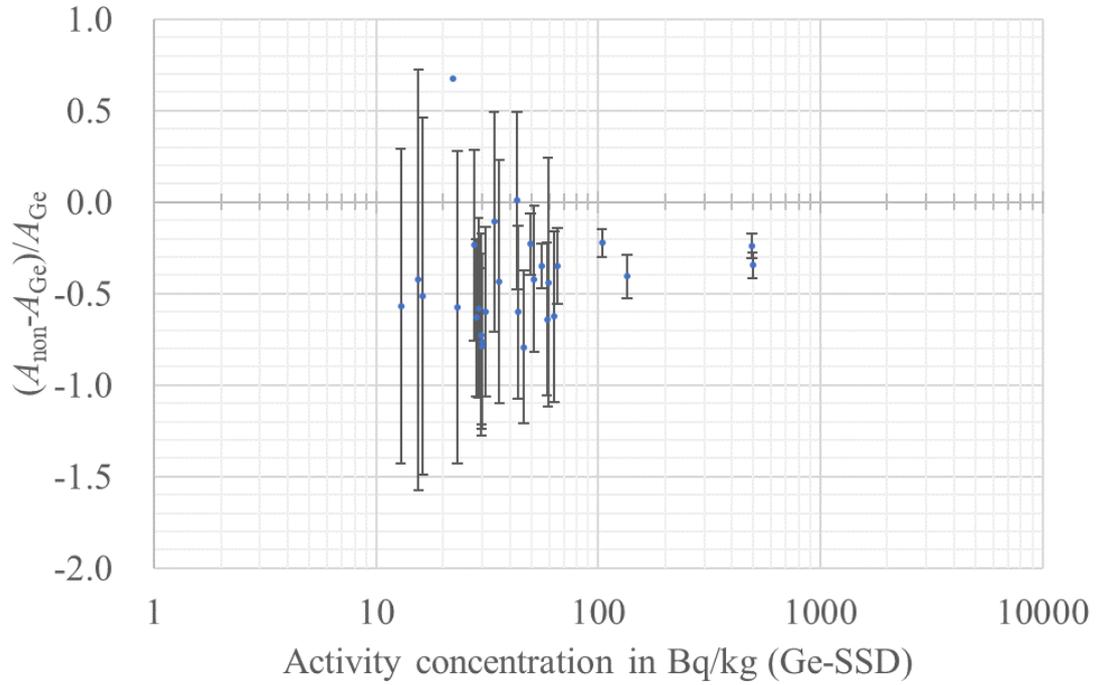


図8 続き

コウタケ

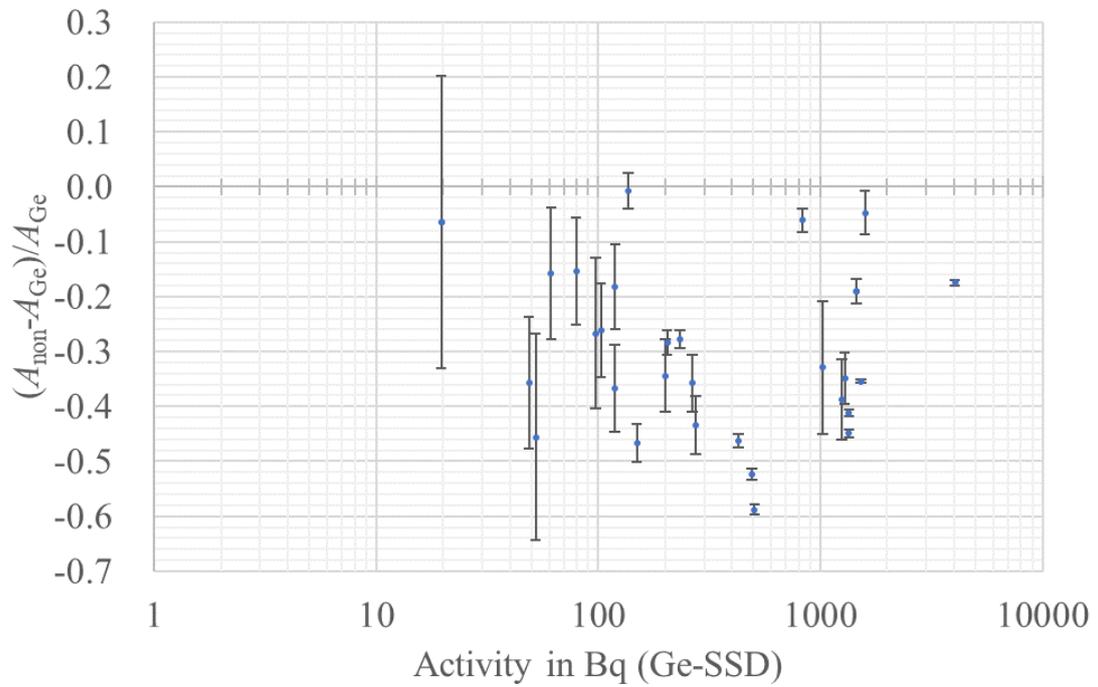
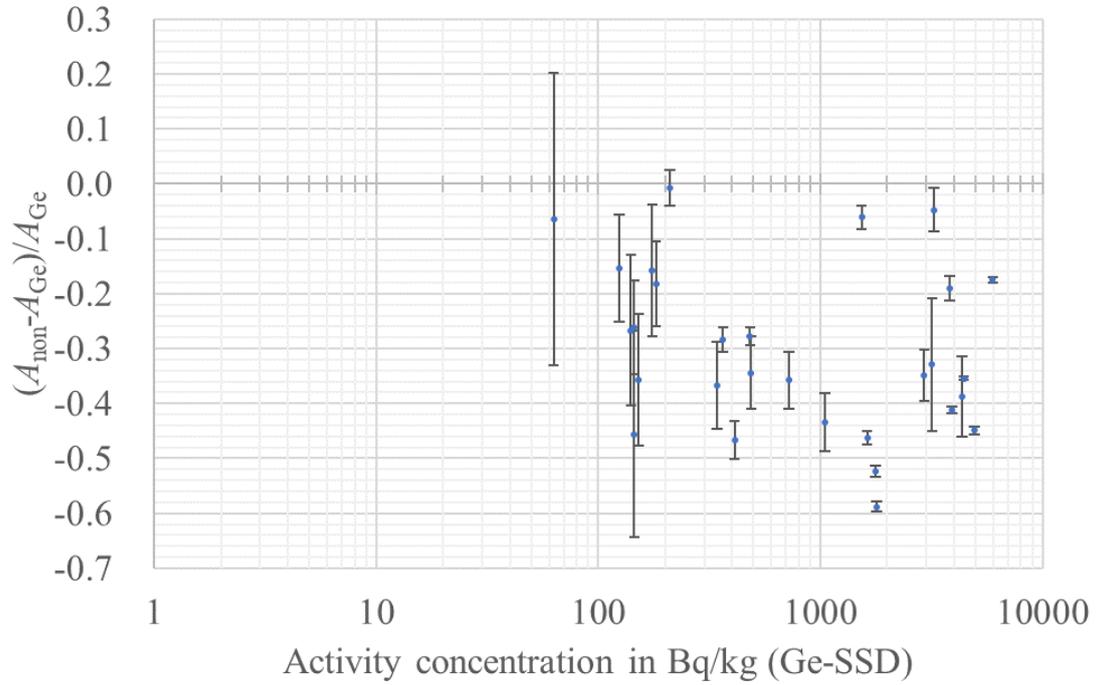


図 8 続き

コガネタケ

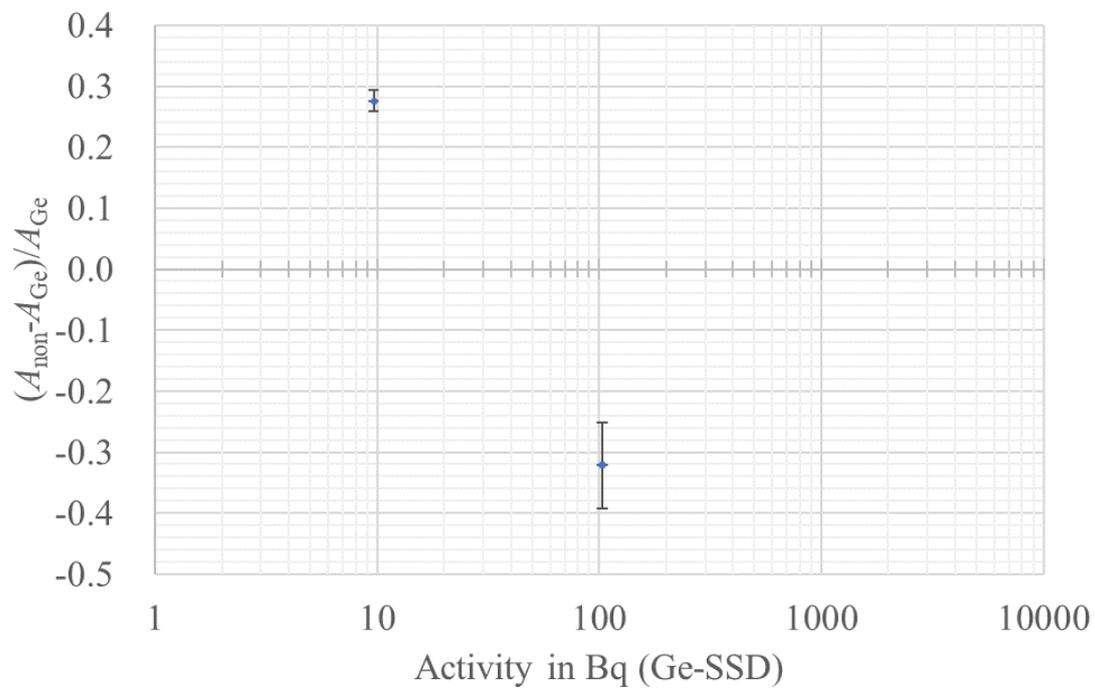
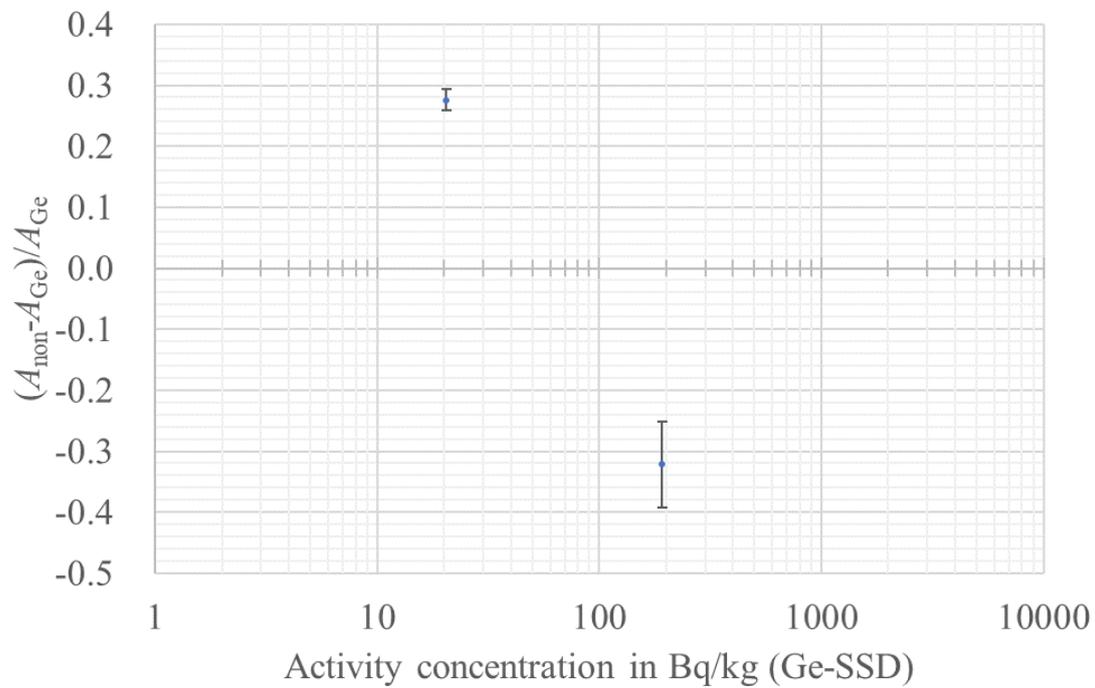


図8 続き

サクラシメジ

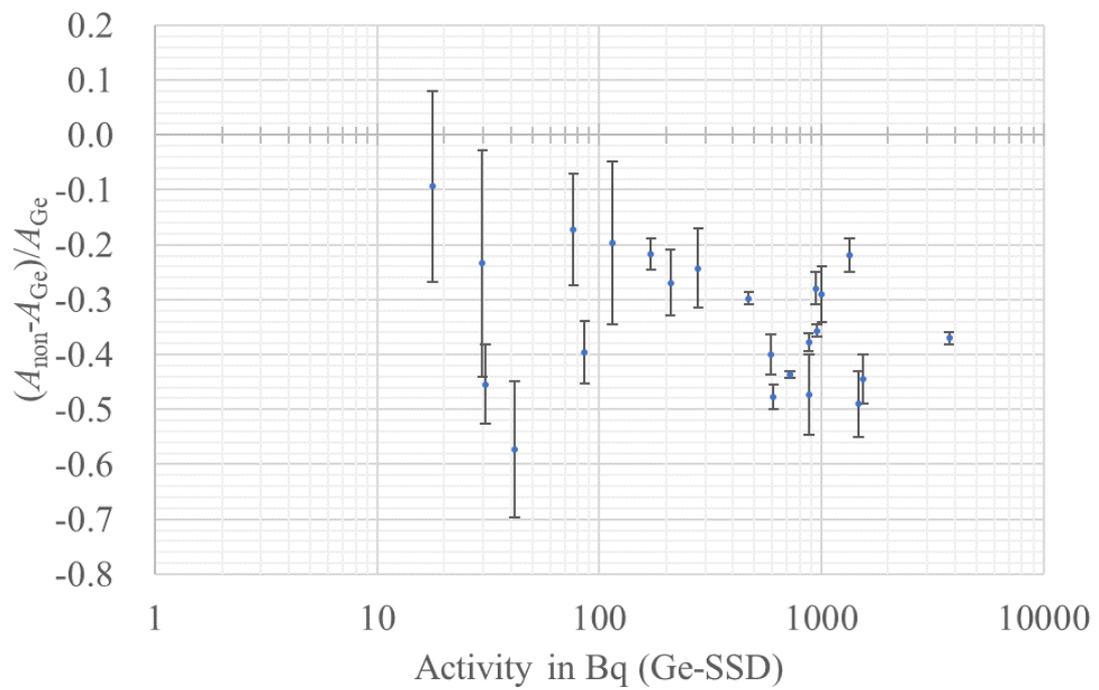
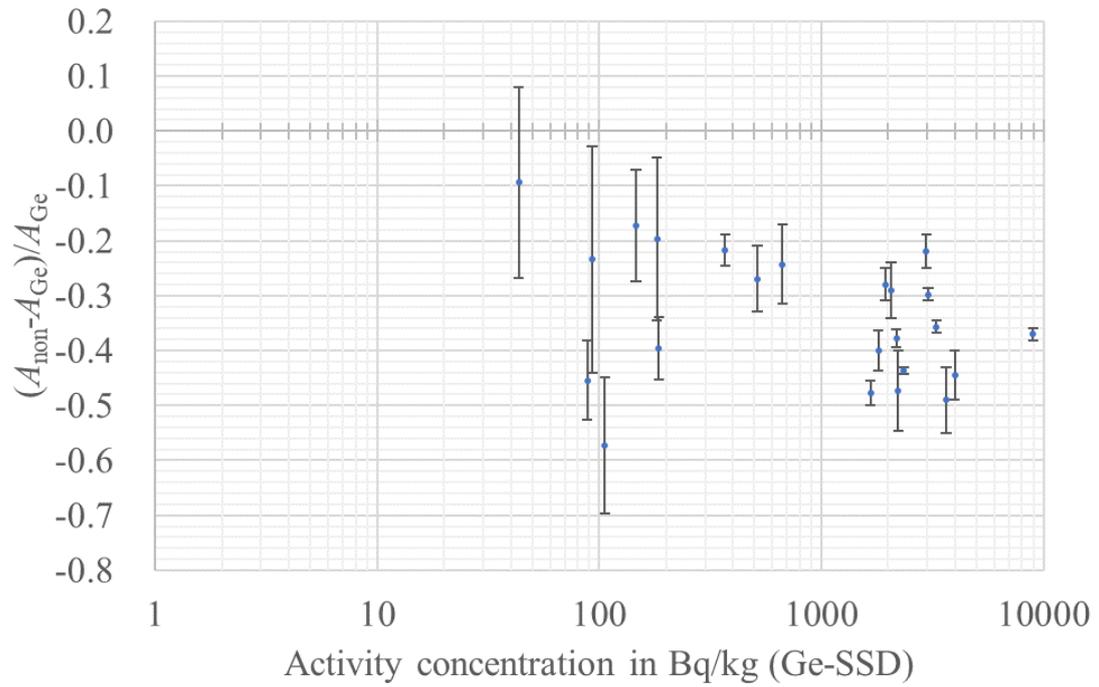


図8 続き

シロシメジ

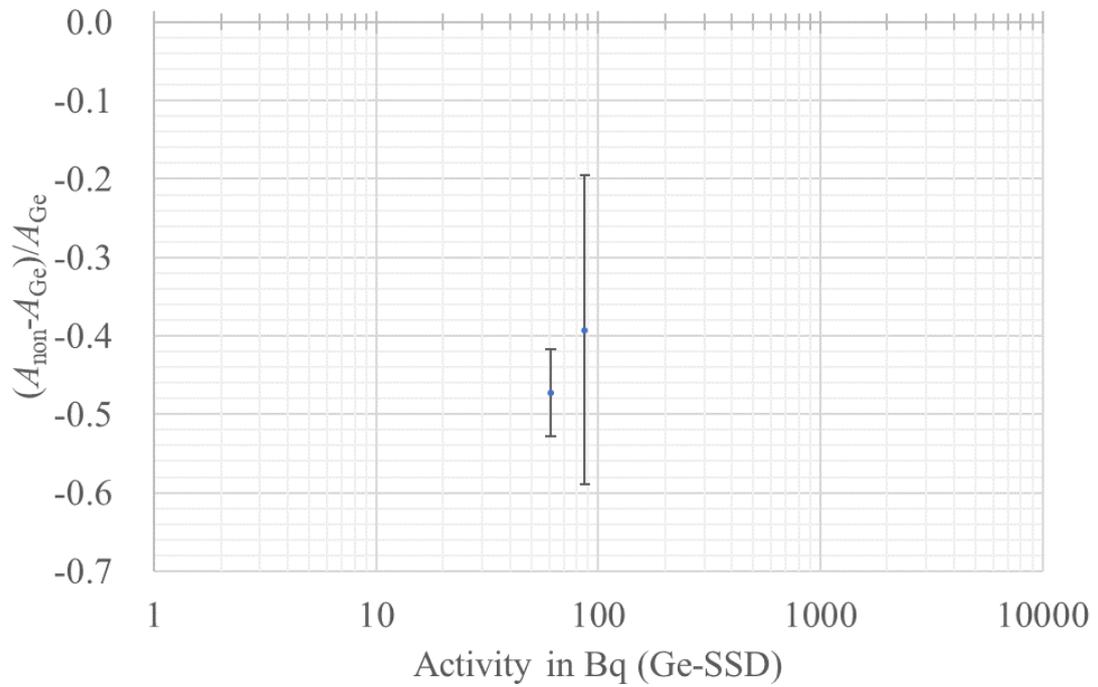
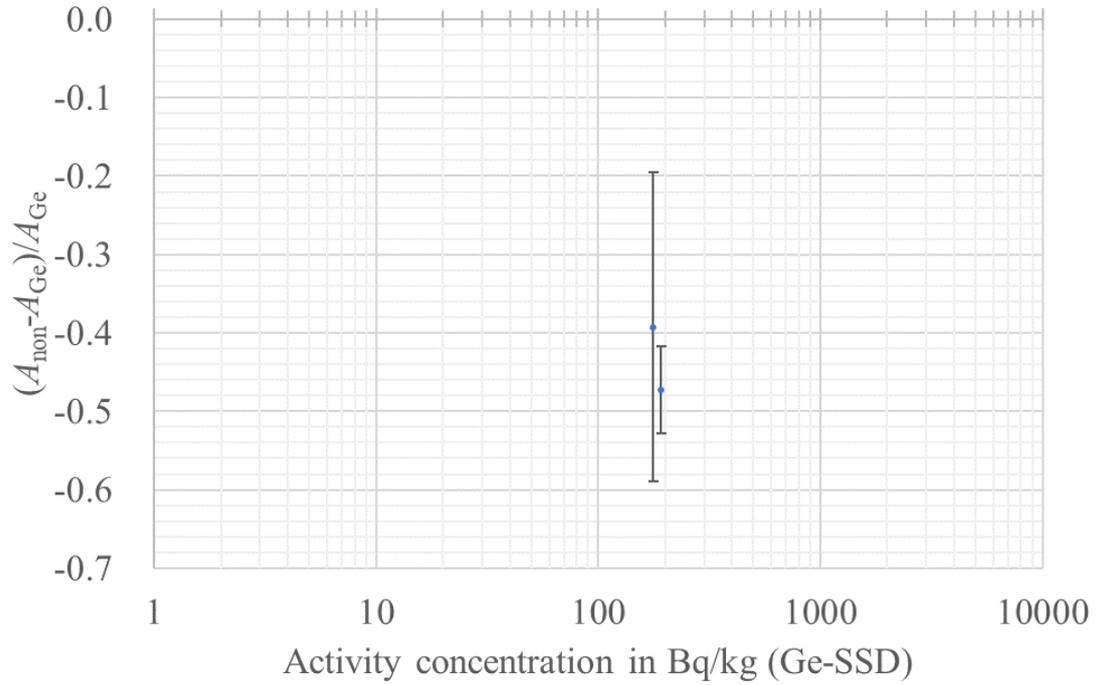


図8 続き

スギタケ

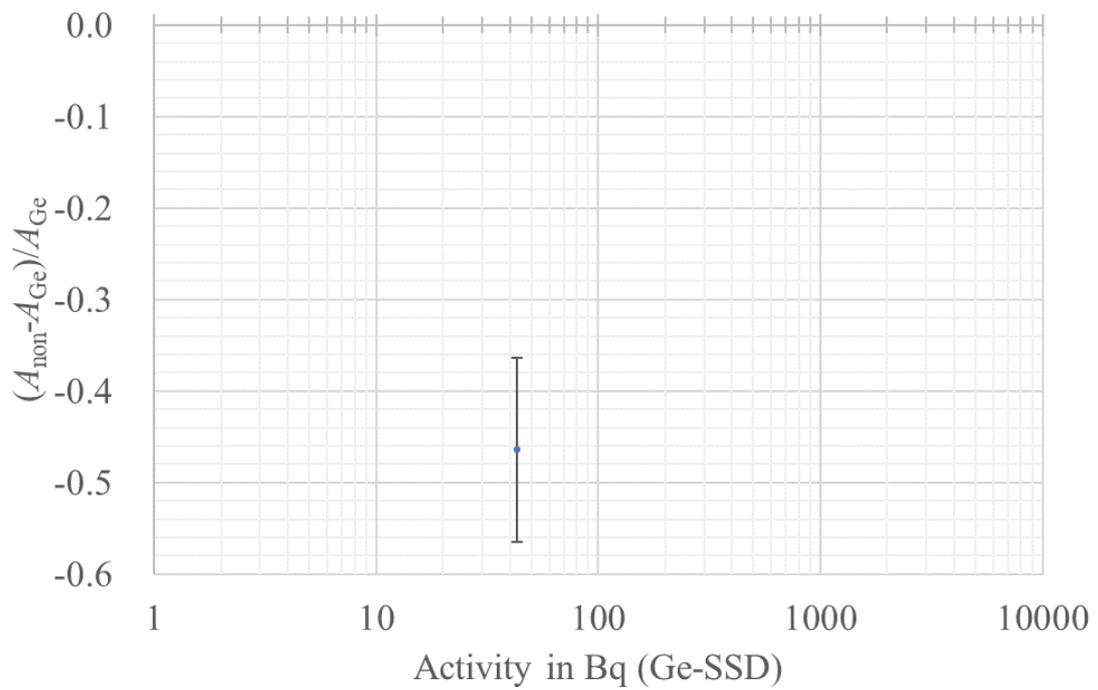
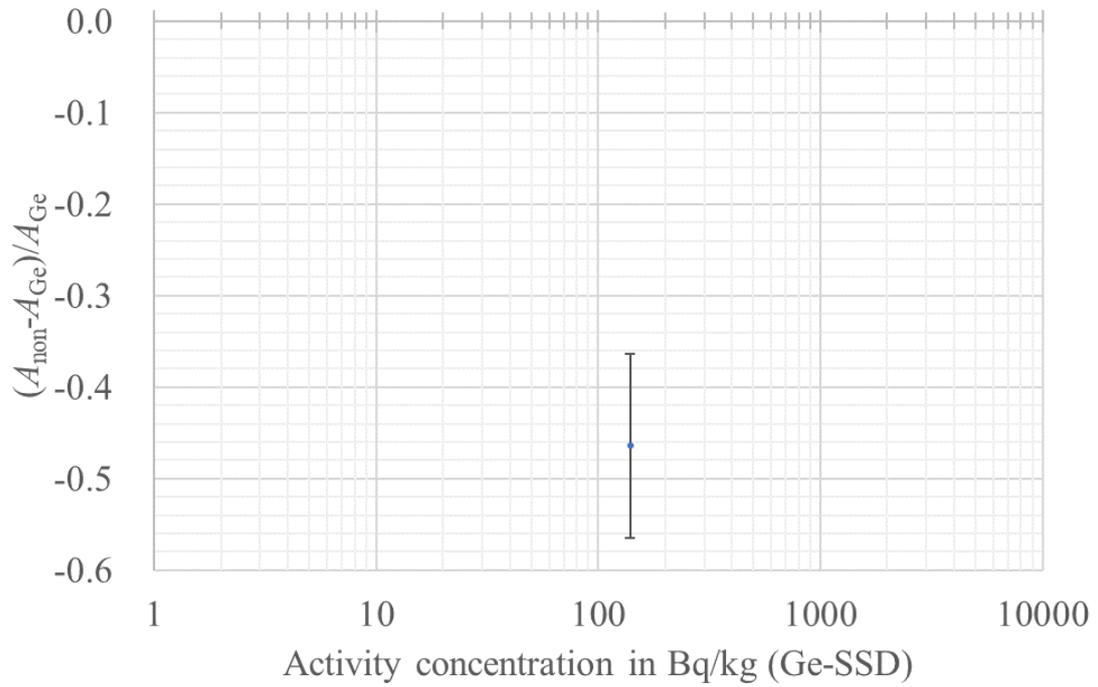


図8 続き

ナメコ

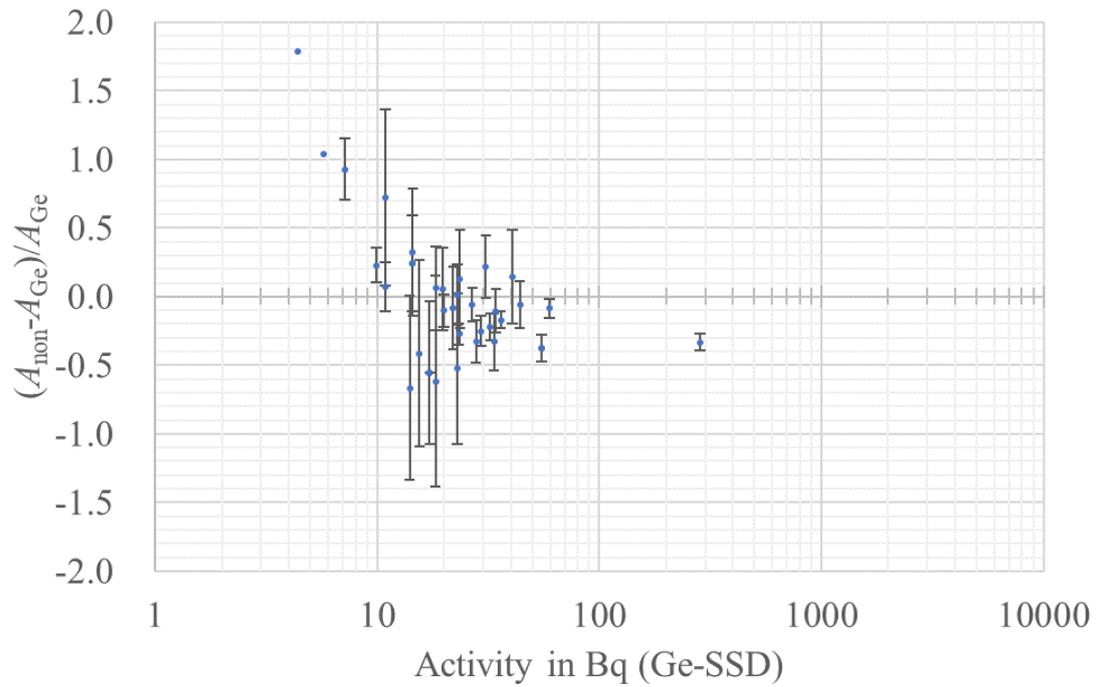
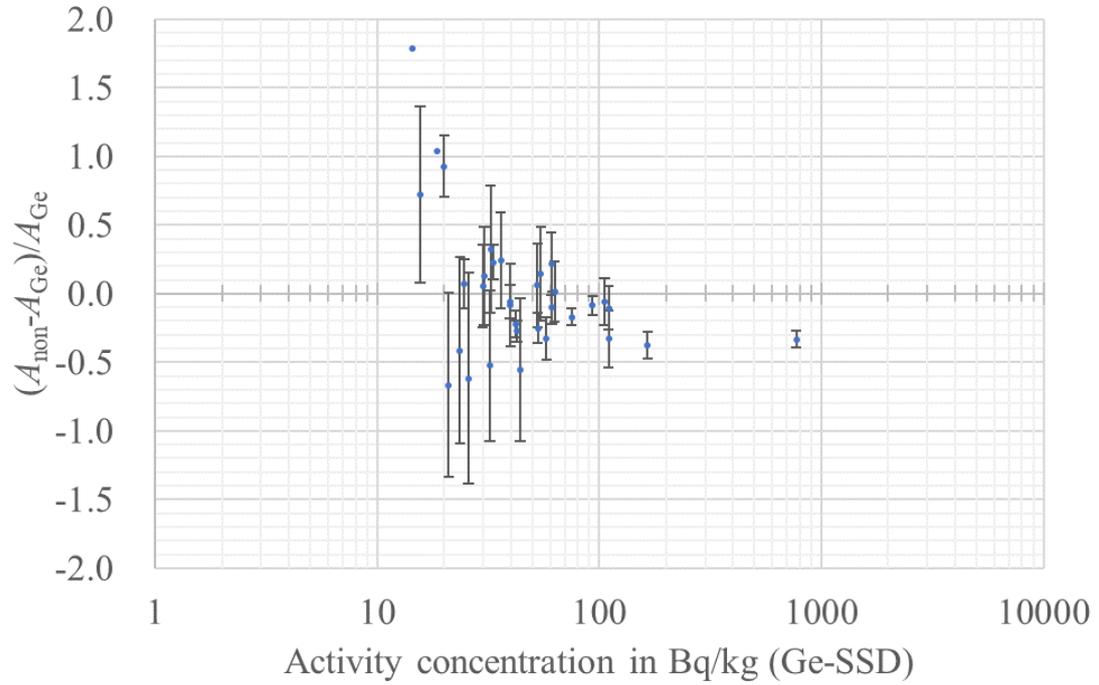


図8 続き

ナラタケ

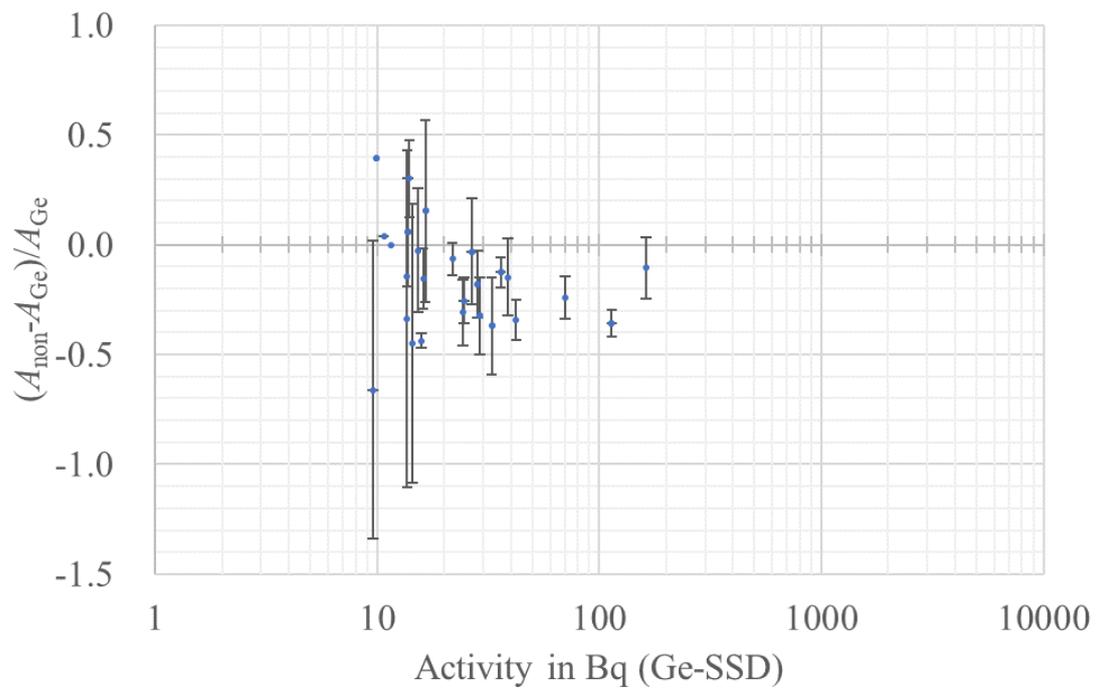
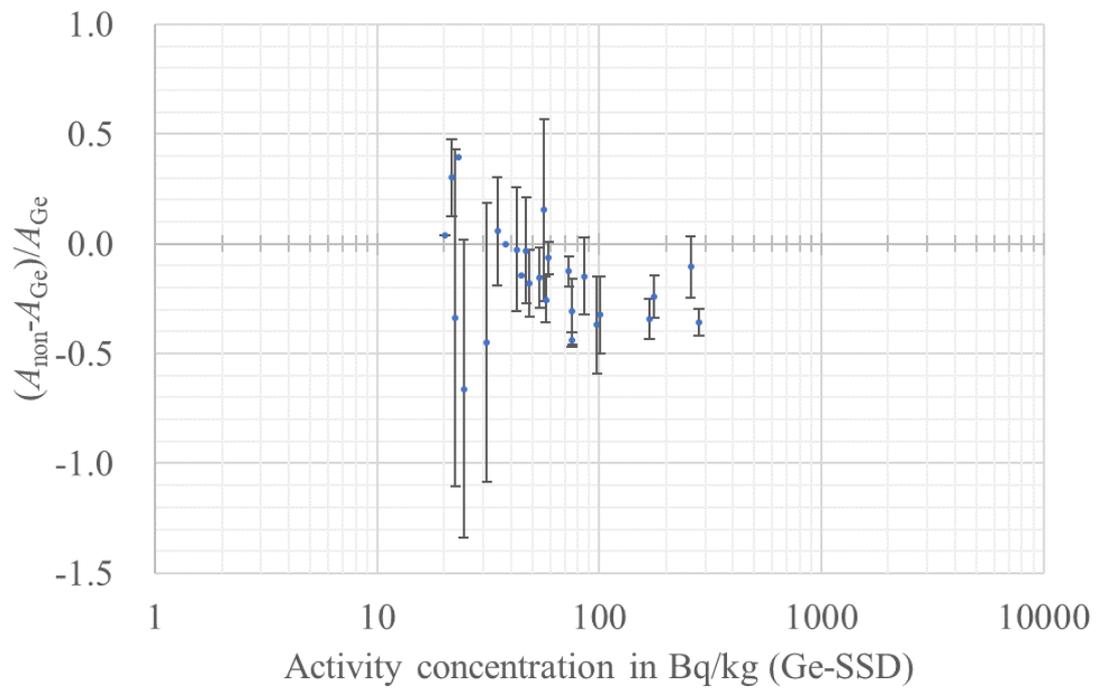


図 8 続き

ハイイロシメジ

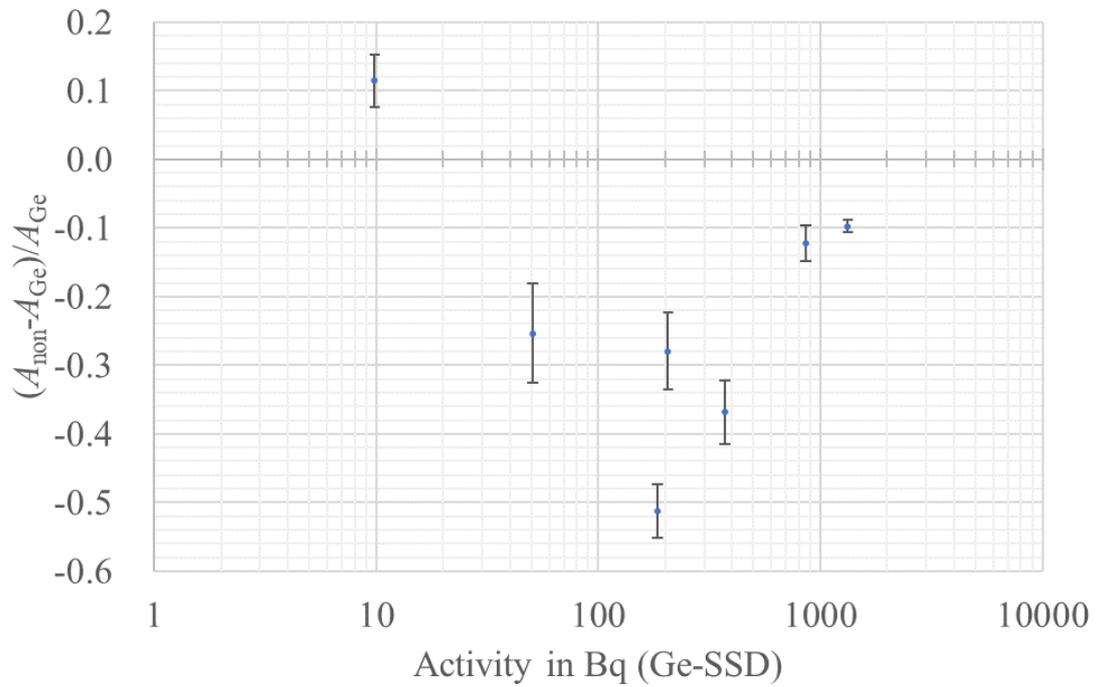
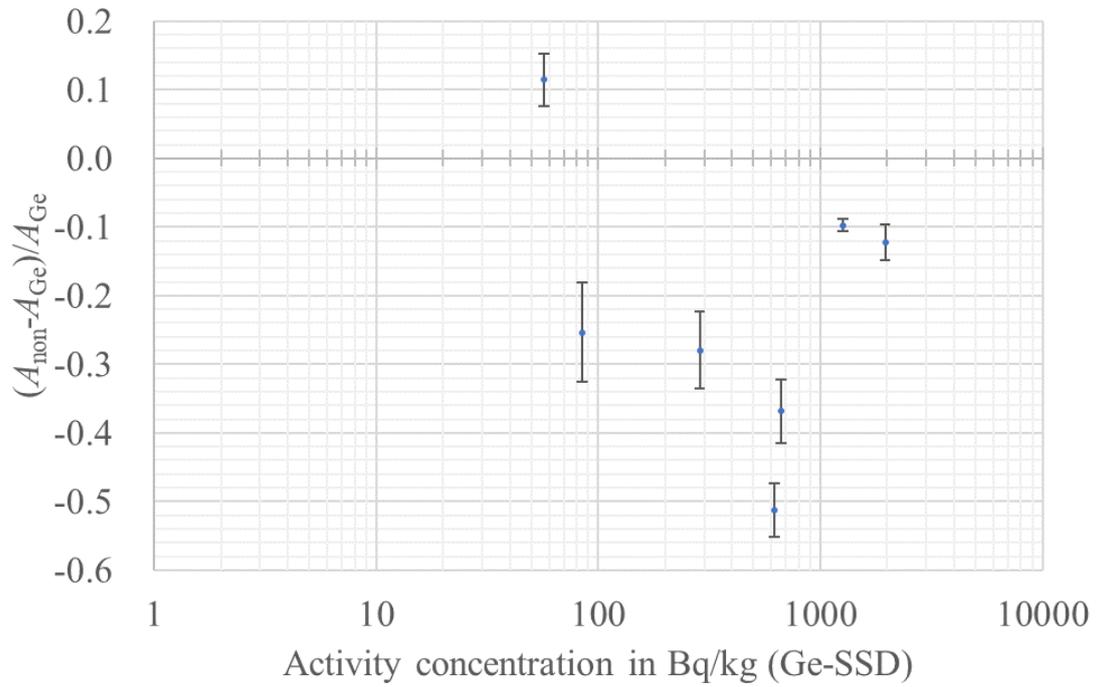


図8 続き

ハタケシメジ

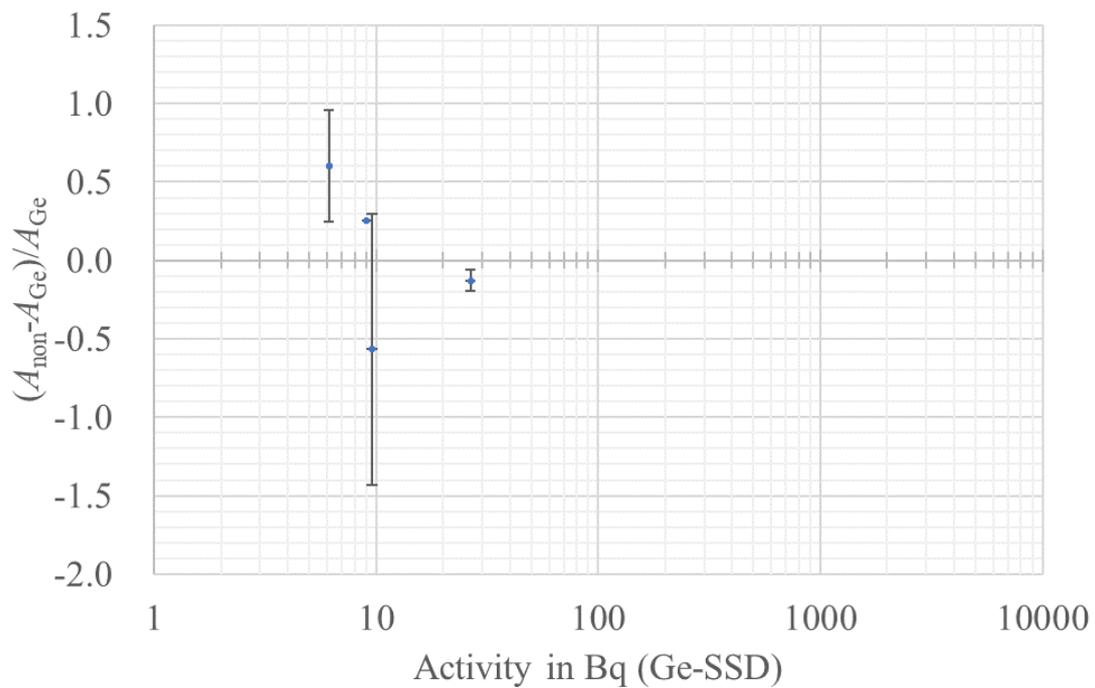
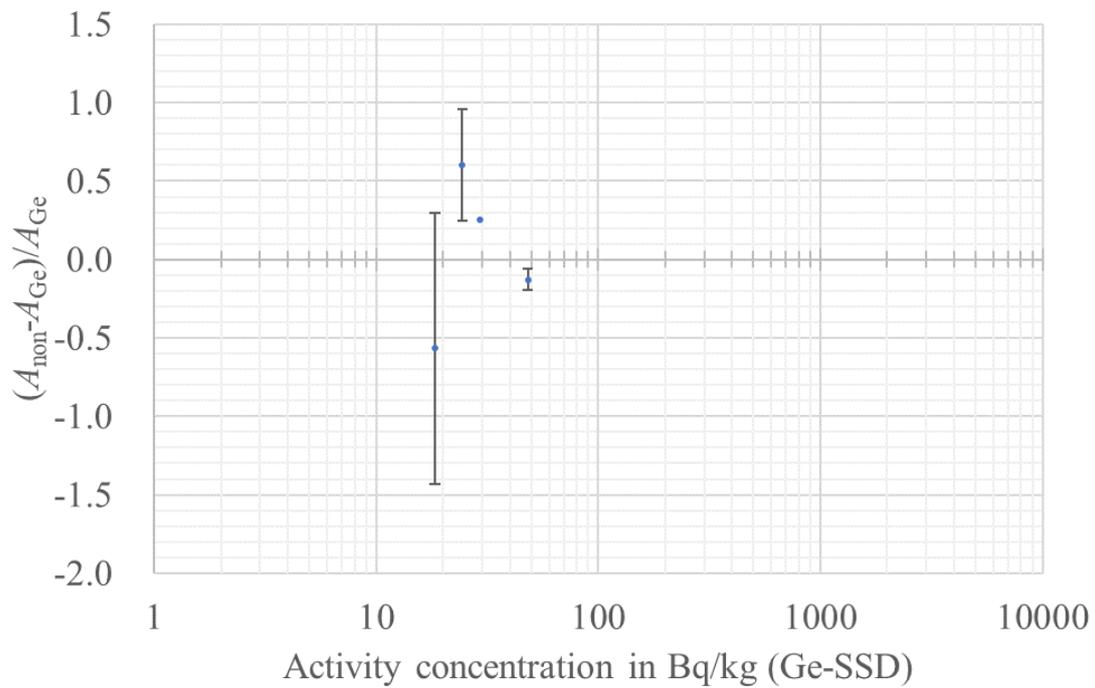


図8 続き

ヒラタケ

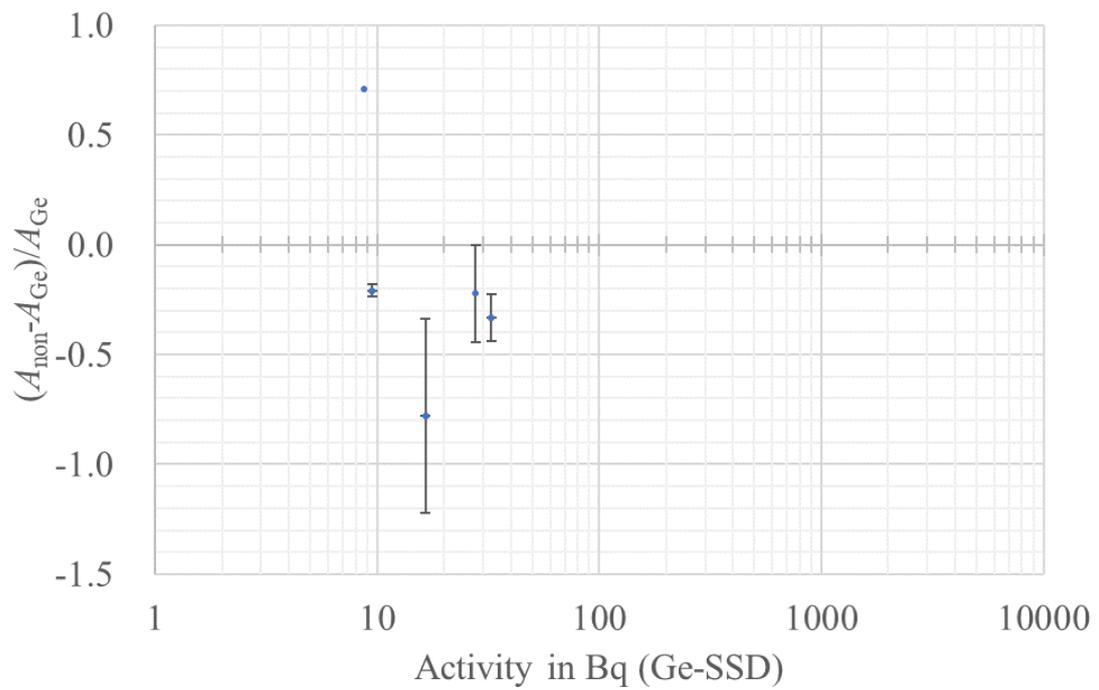
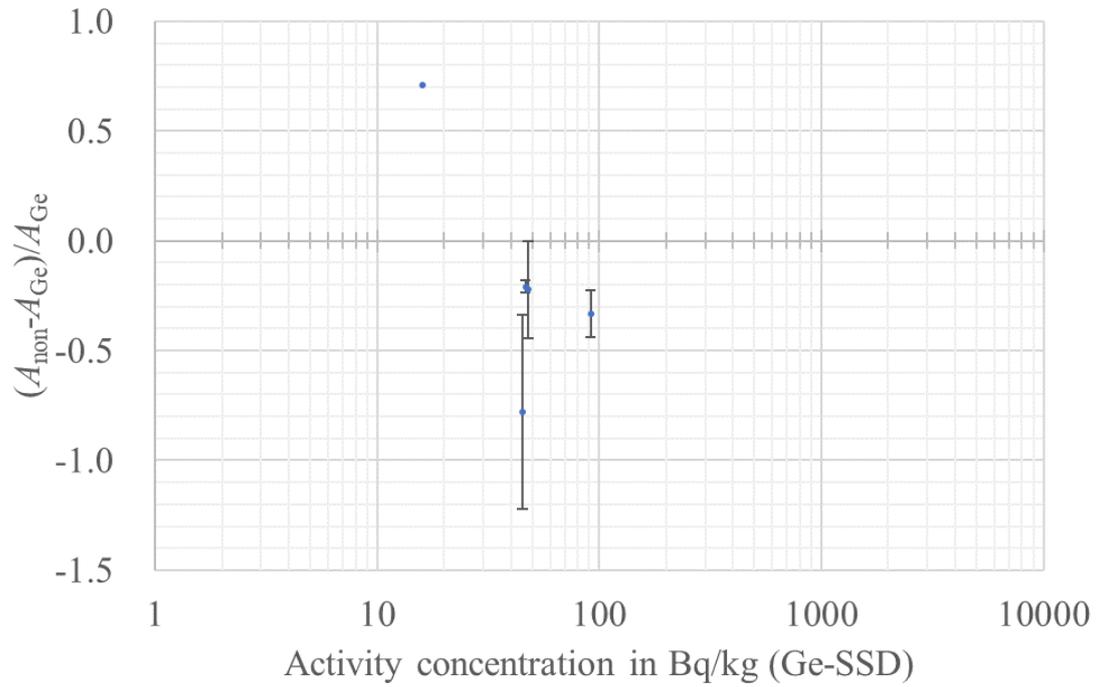


図 8 続き

ブナハリタケ

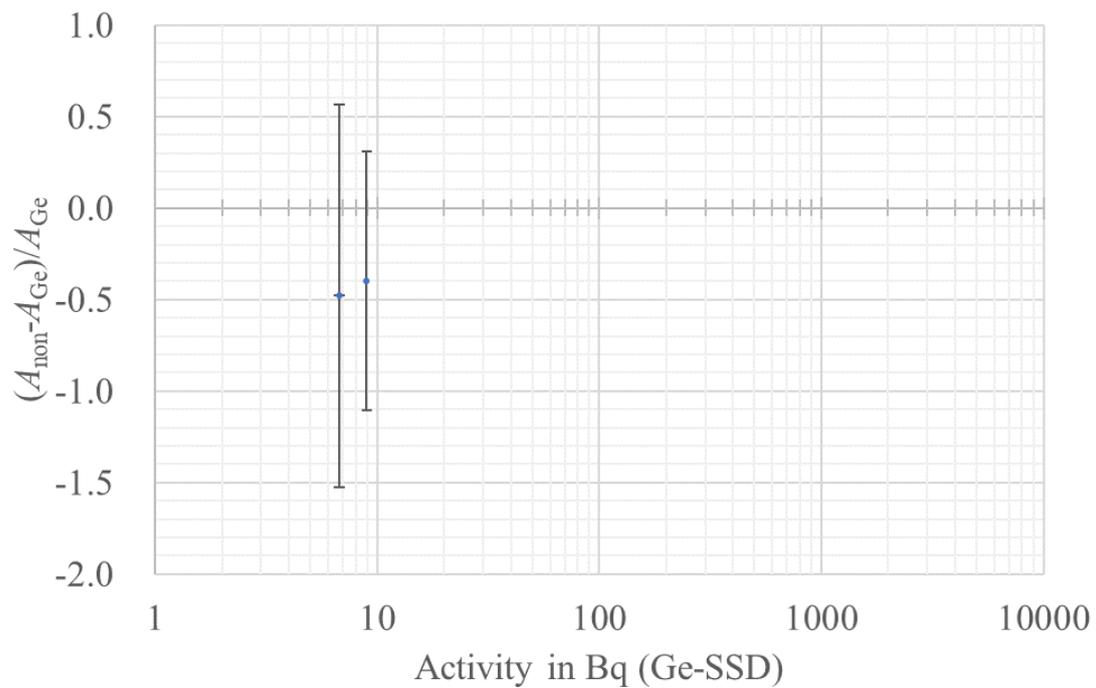
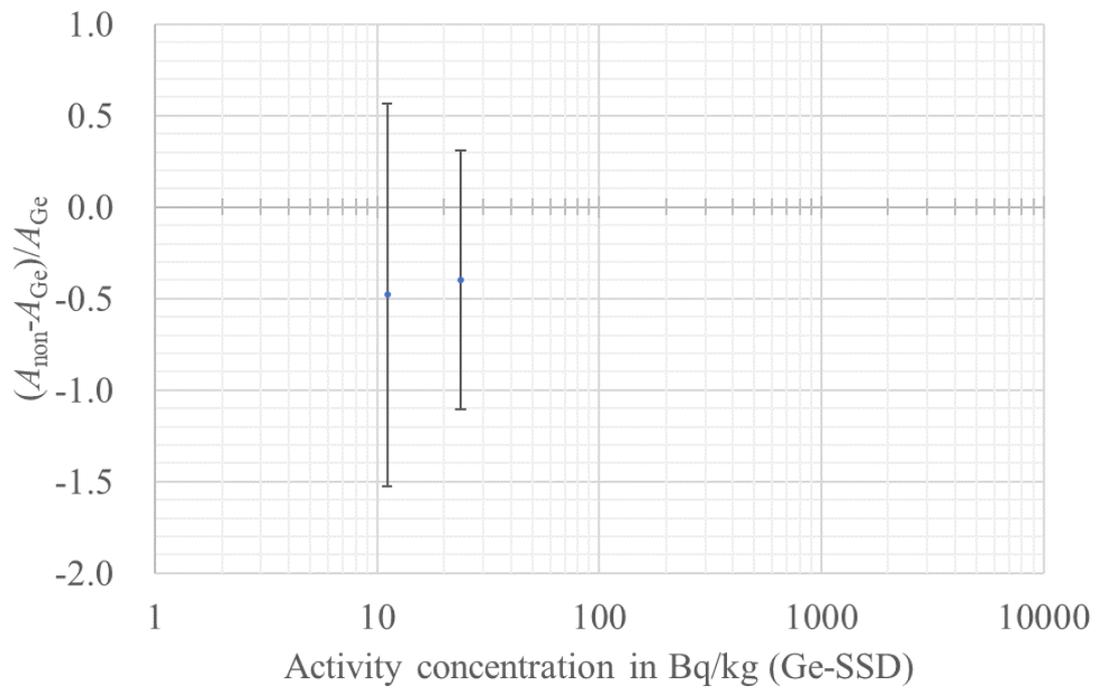


図8 続き

マイタケ

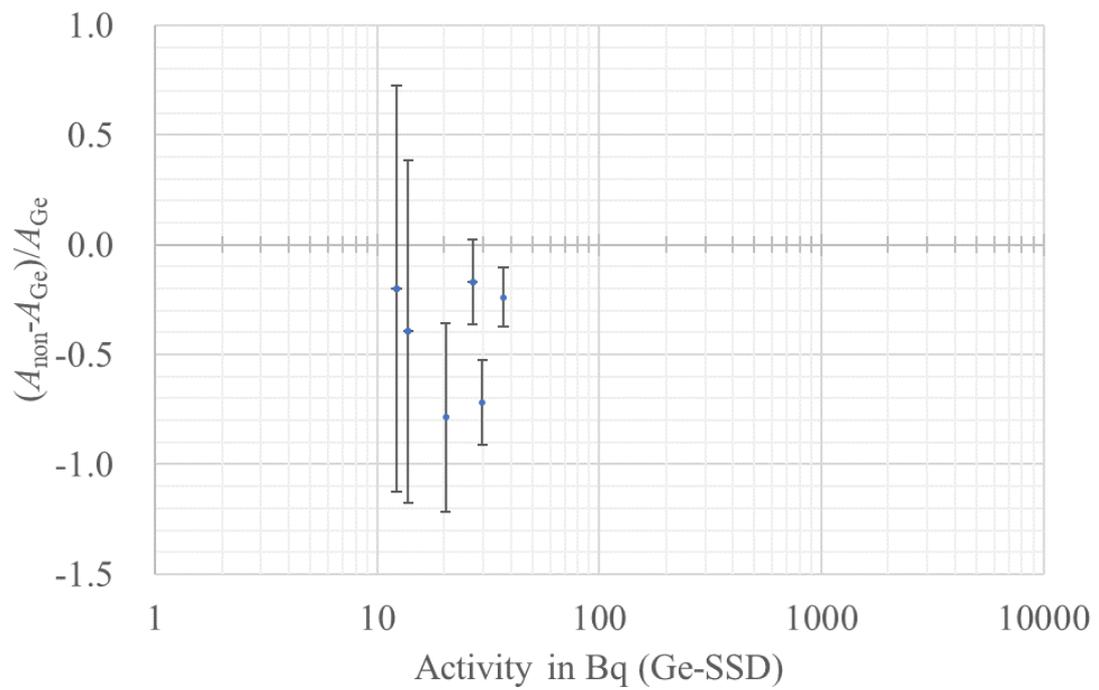
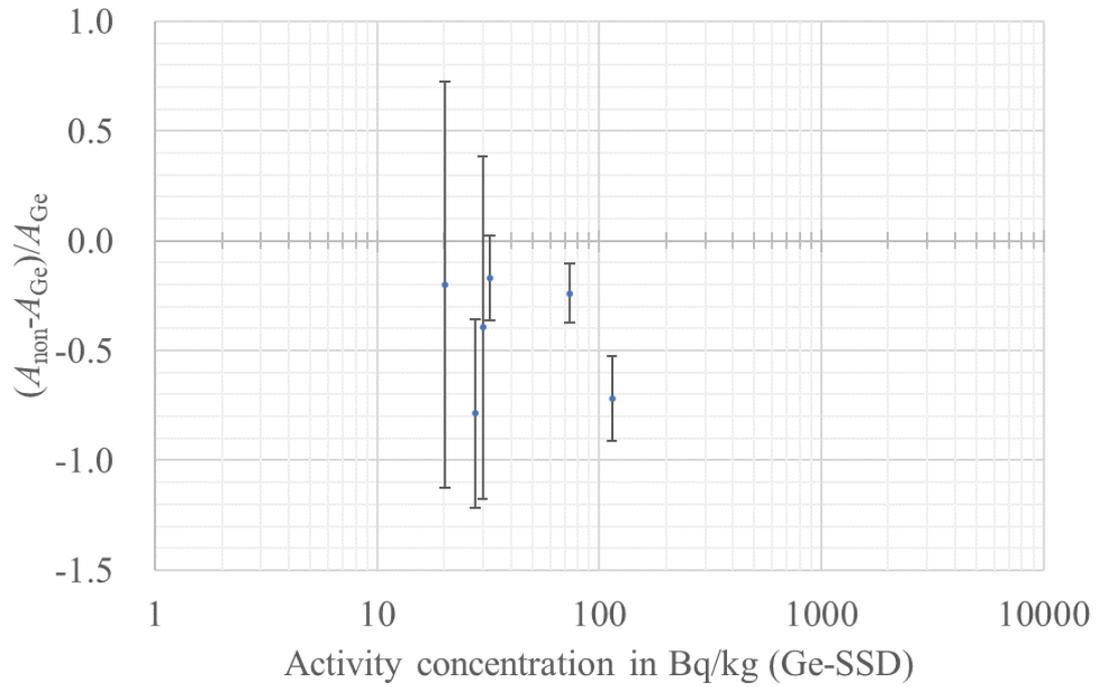


図 8 続き

マツタケ

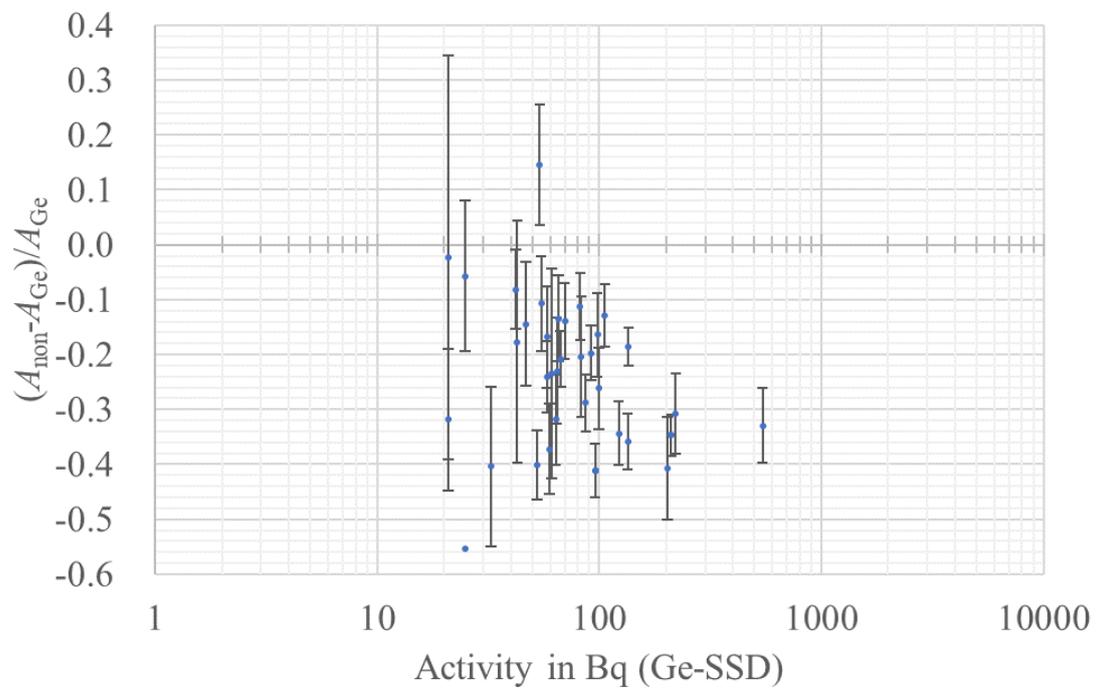
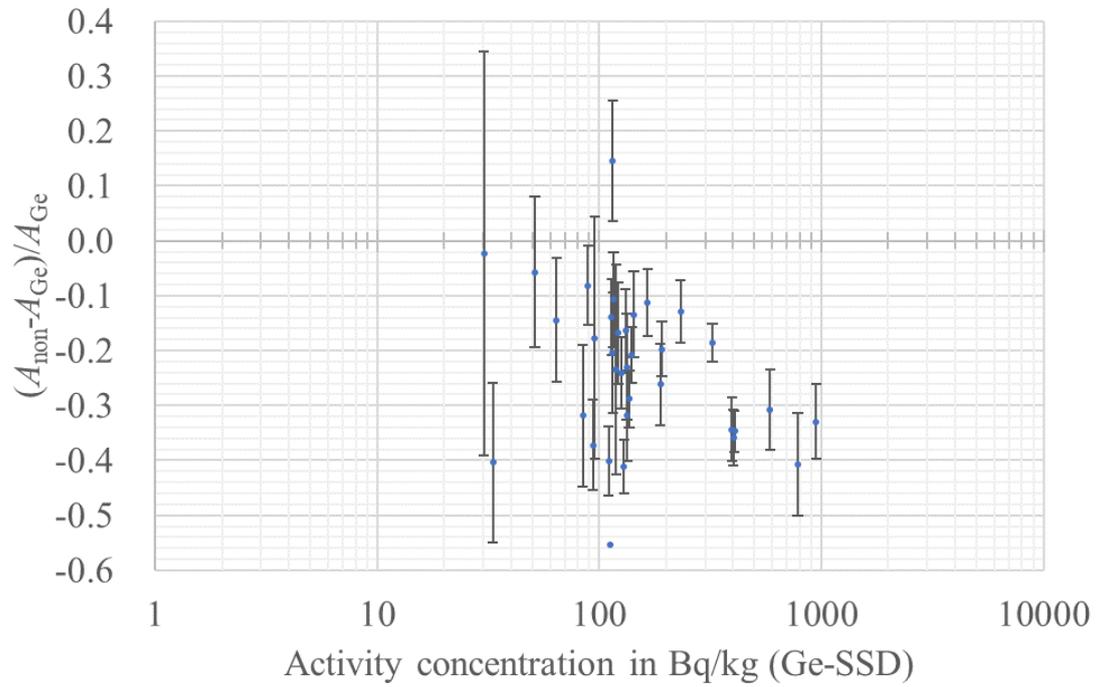


図 8 続き

ムキタケ

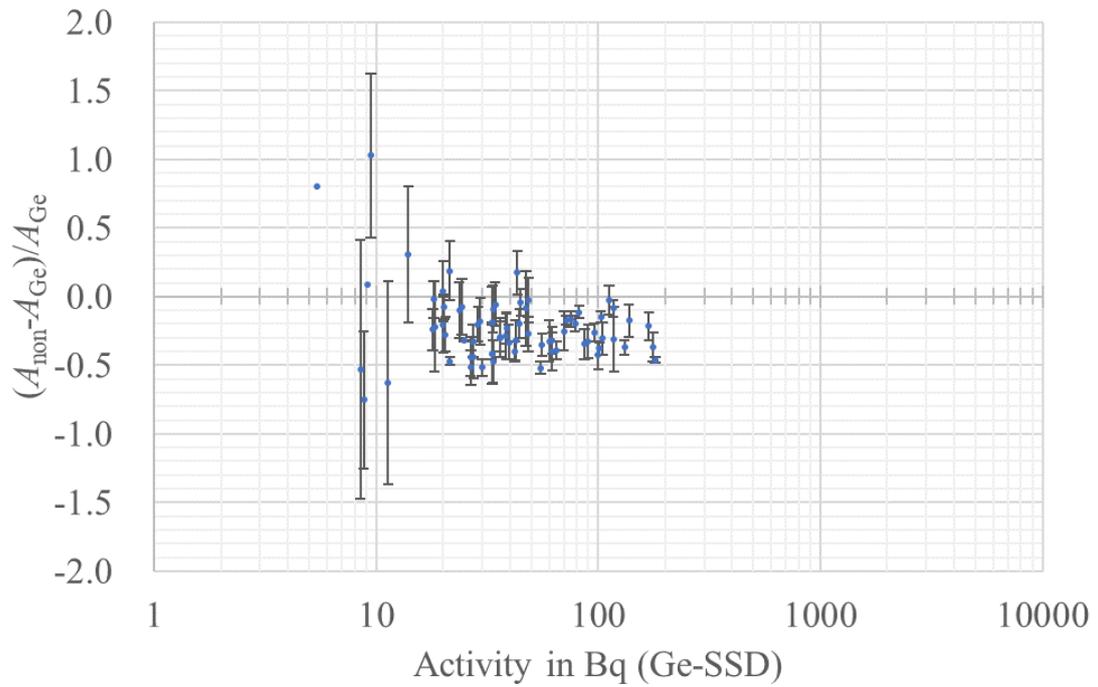
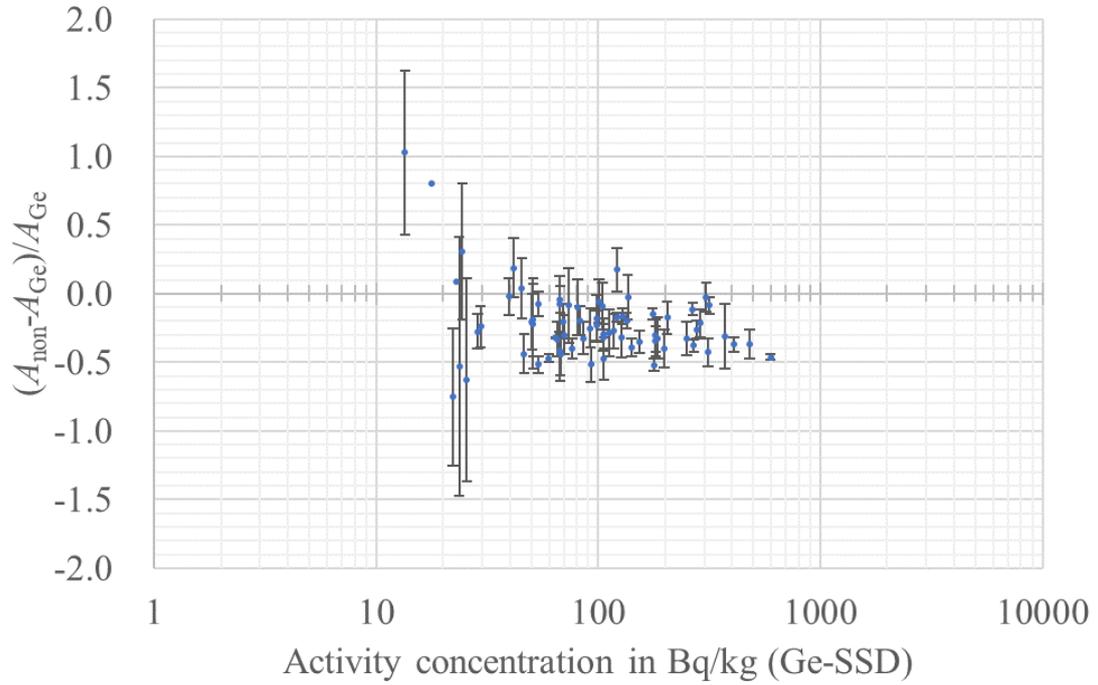


図 8 続き

ムラサキシメジ

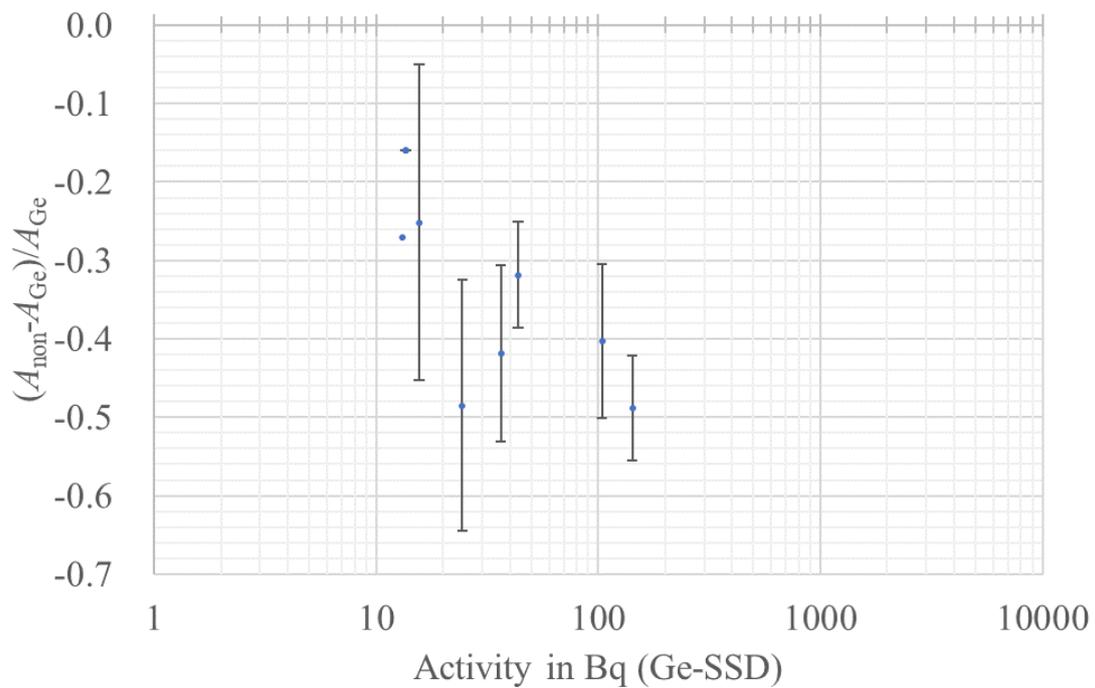
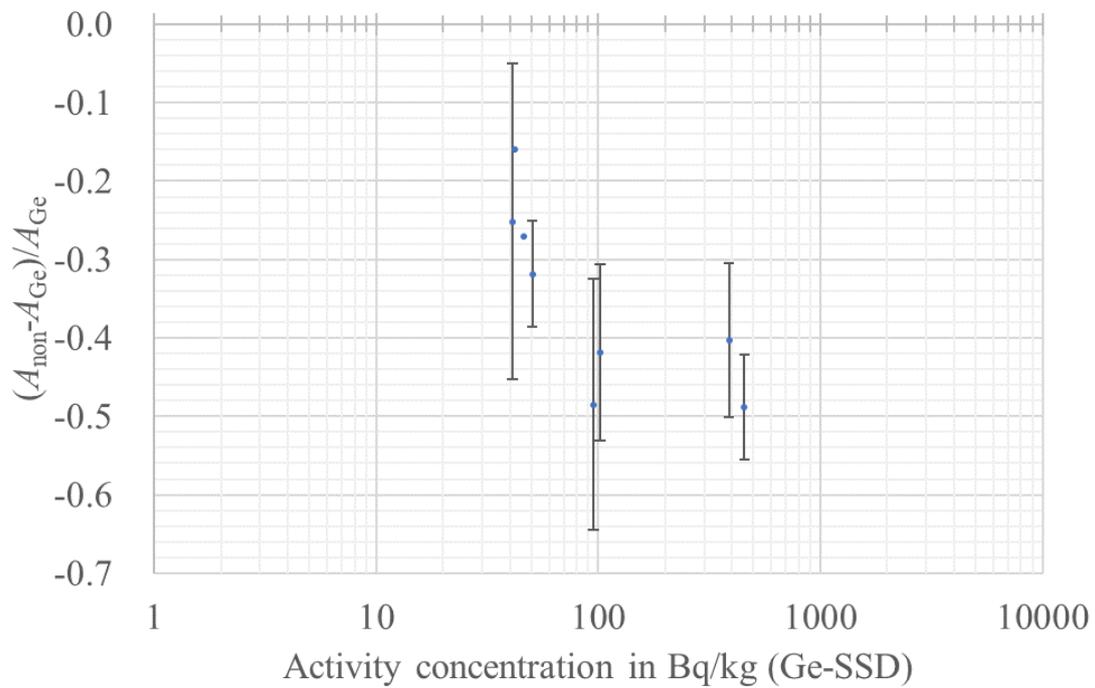


図 8 続き

チチタケ

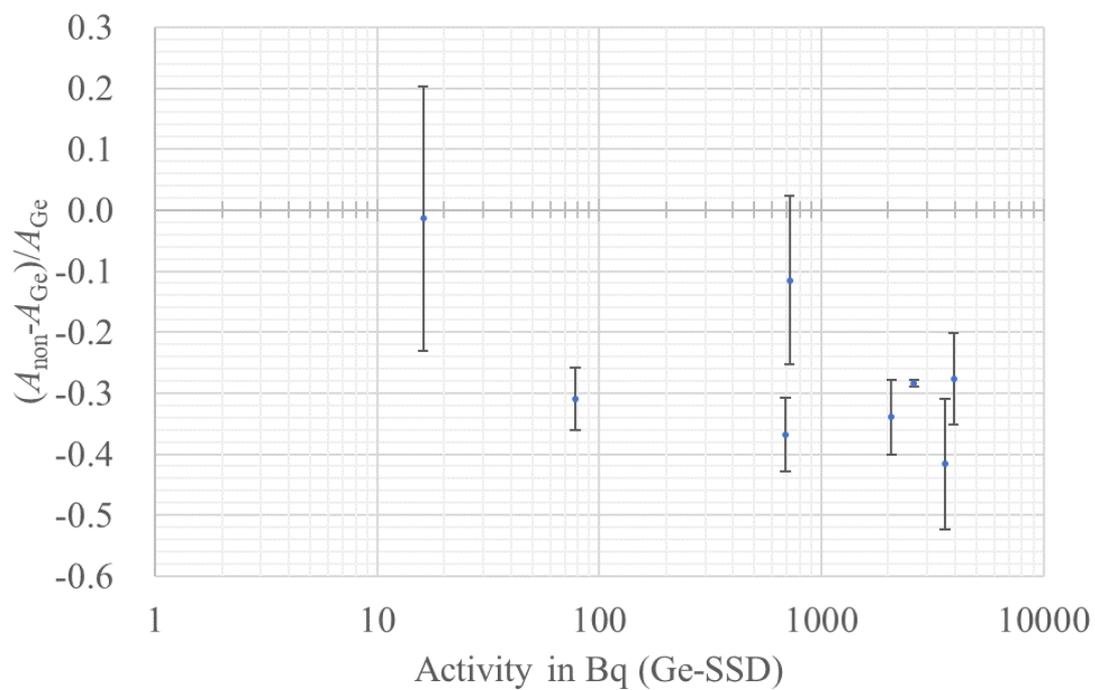
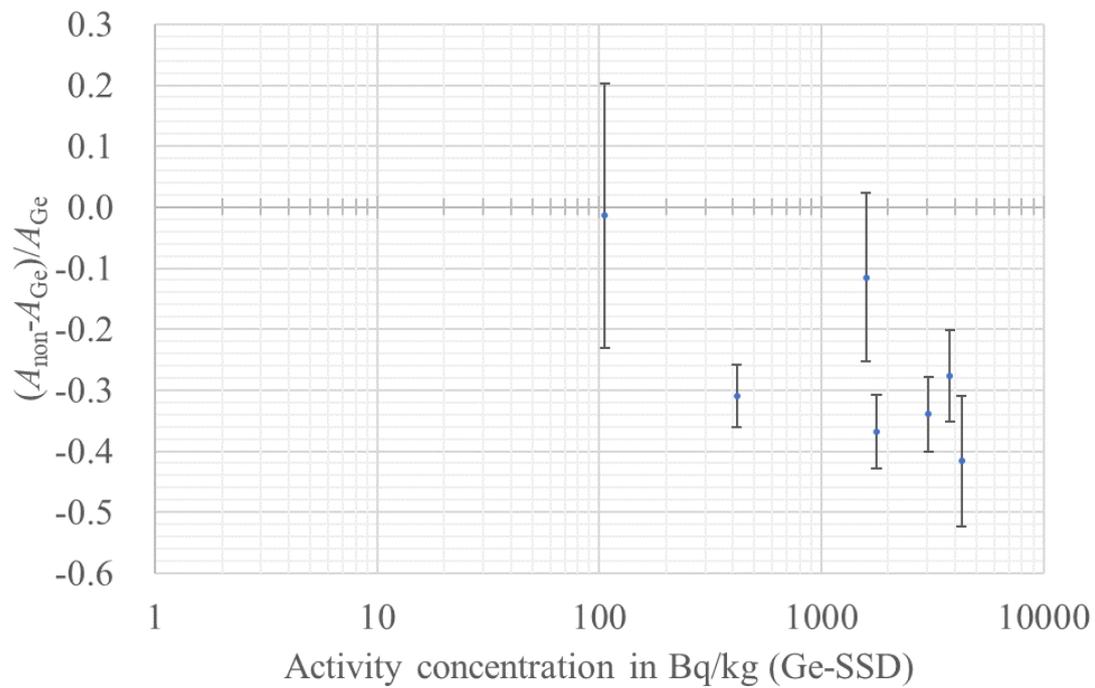


図8 続き

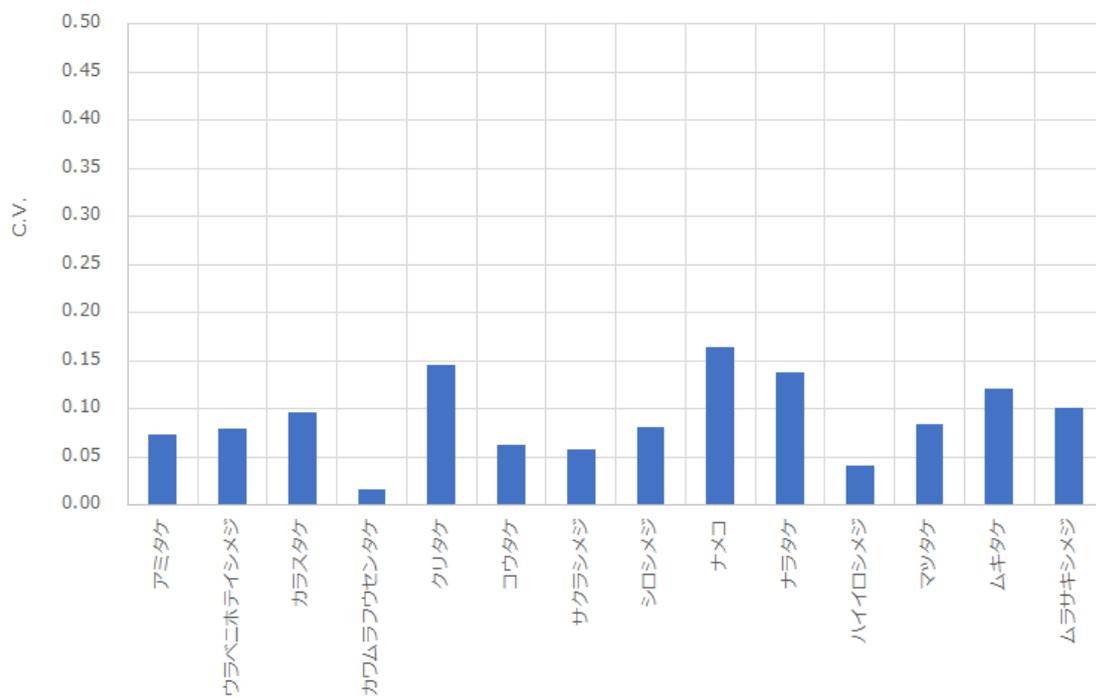
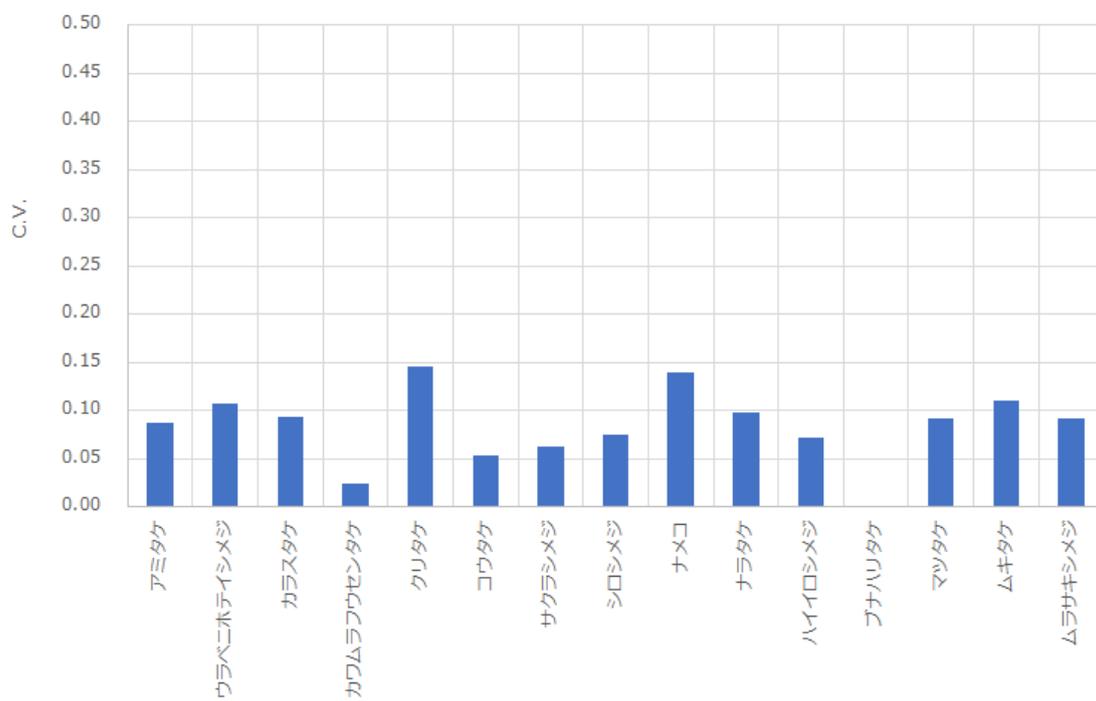


図9 非破壊式装置（上段：FF1 下段：NDA2）による
20Bq/kg 超試料の4回測定の変動係数

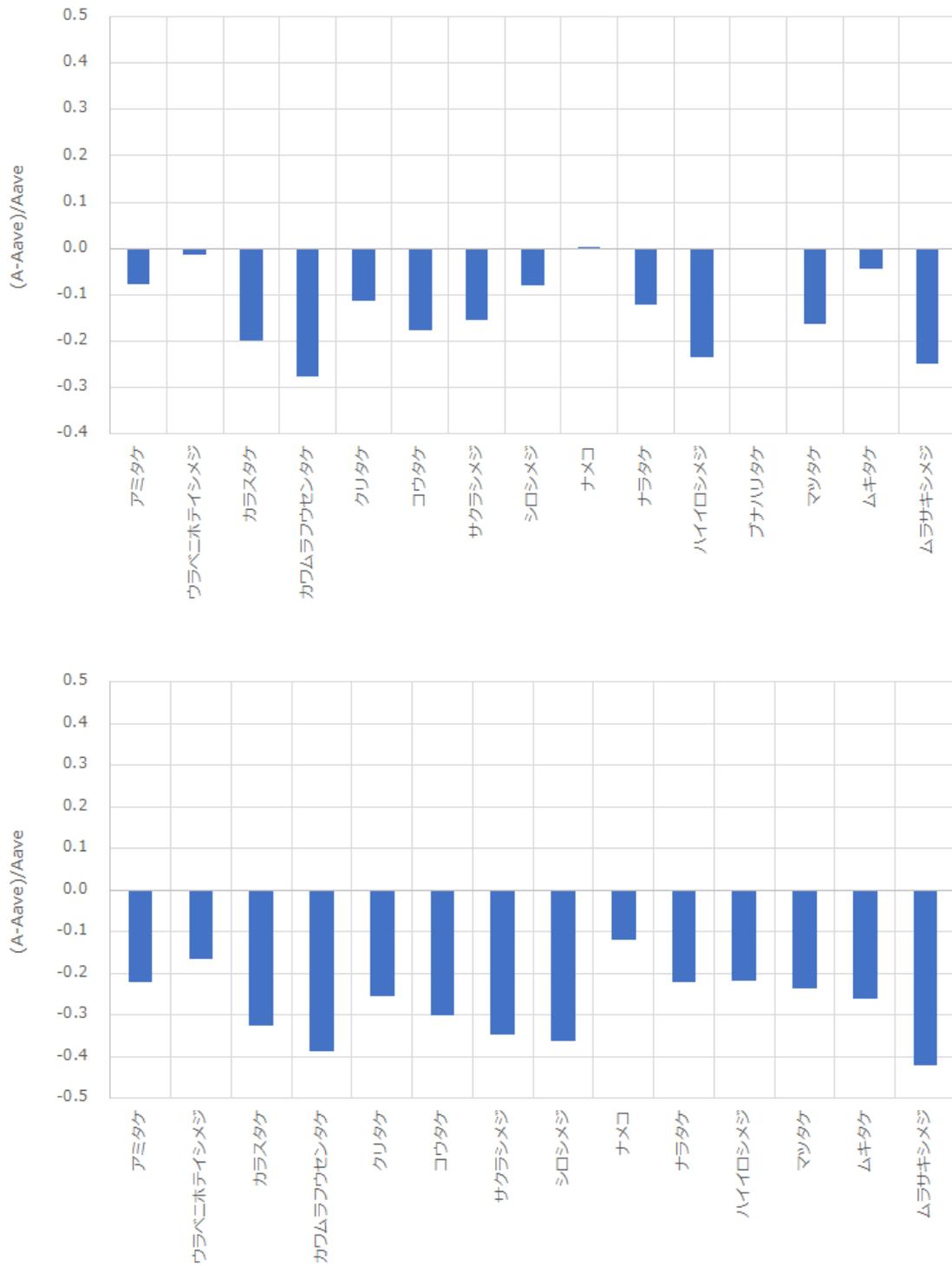


図 10 品目別非破壊式（上段：FF1 下段：NDA2）による結果の Ge 測定値との差

山菜類

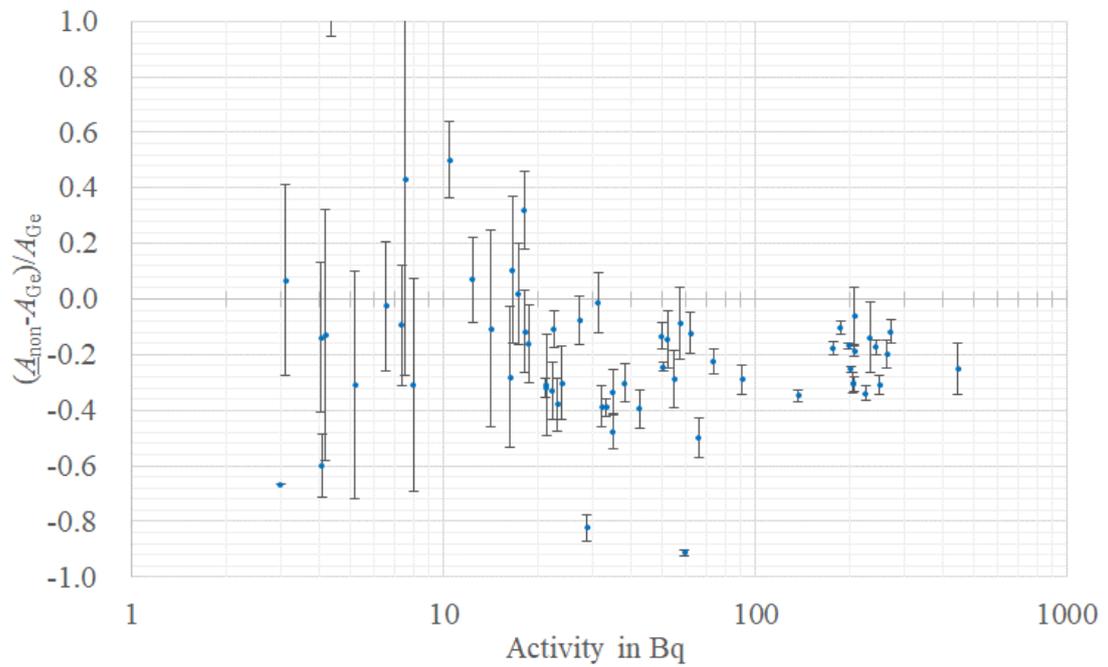
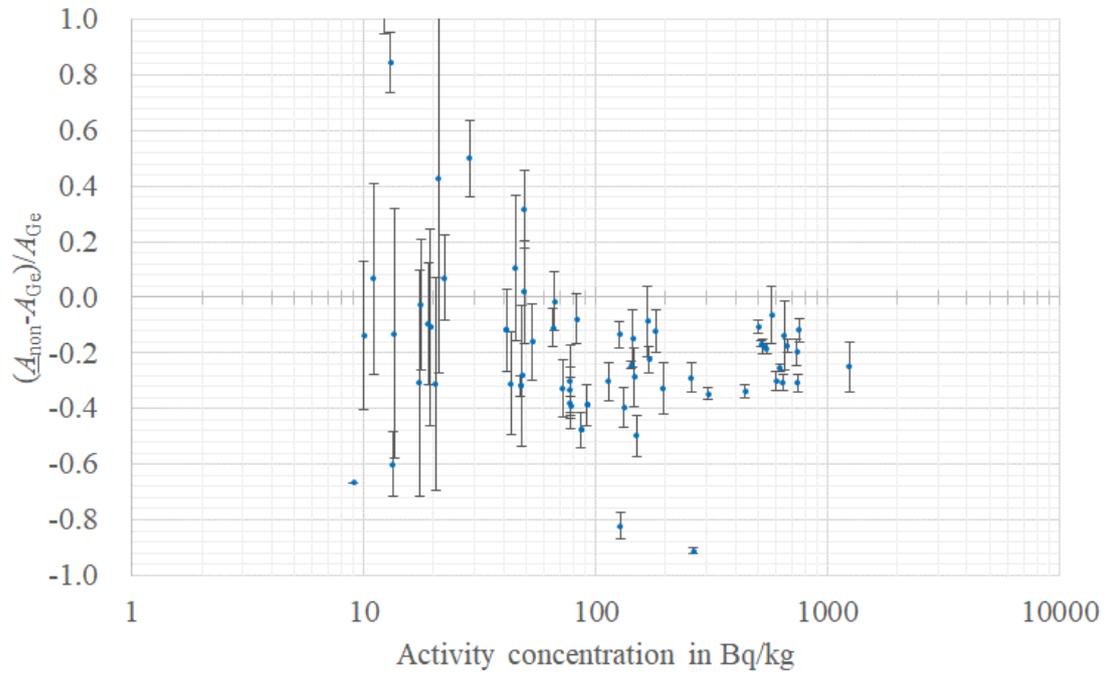


図 11 非破壊式装置 (FF1) による山菜の測定結果の Ge 検出器の結果
(上段: 放射能濃度 下段: 放射能) との差

ロシアブラ

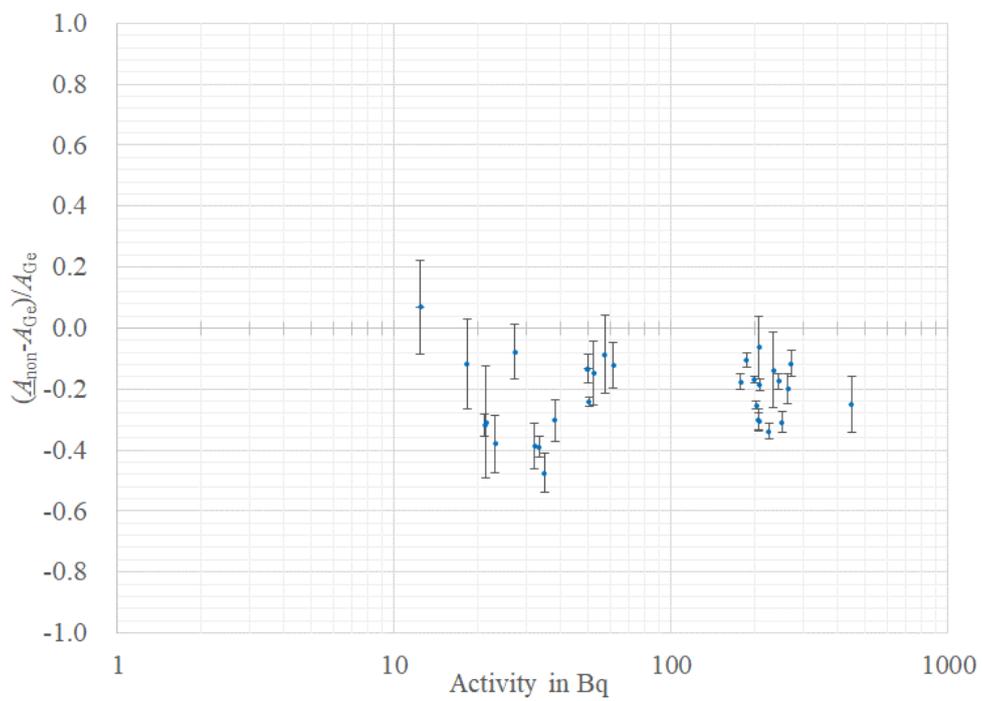
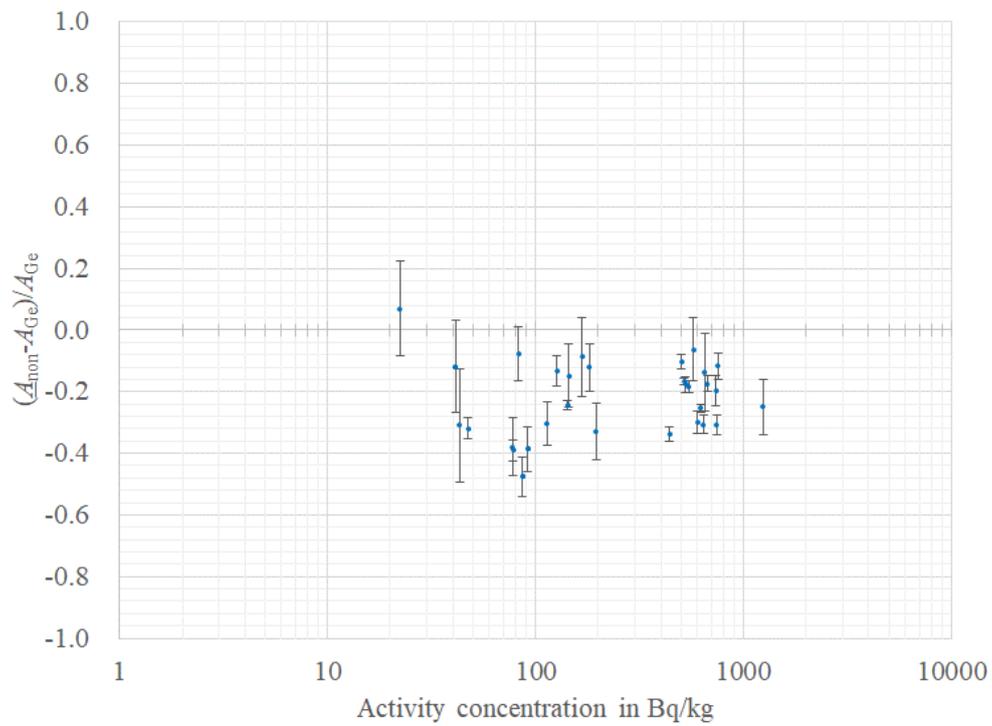


図 11 続き

タラノメ

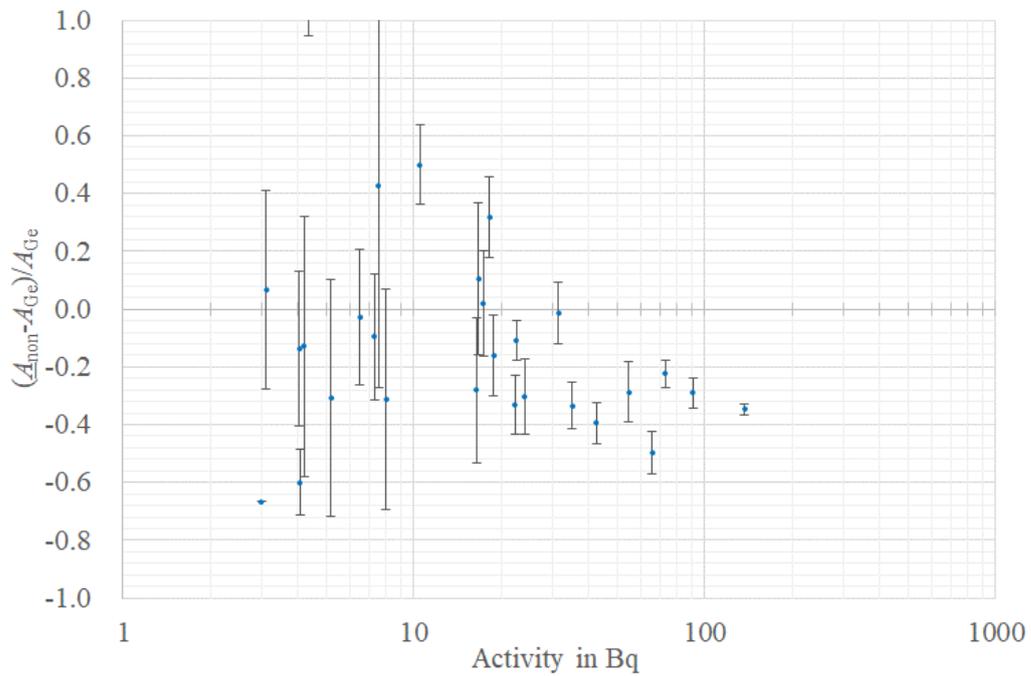
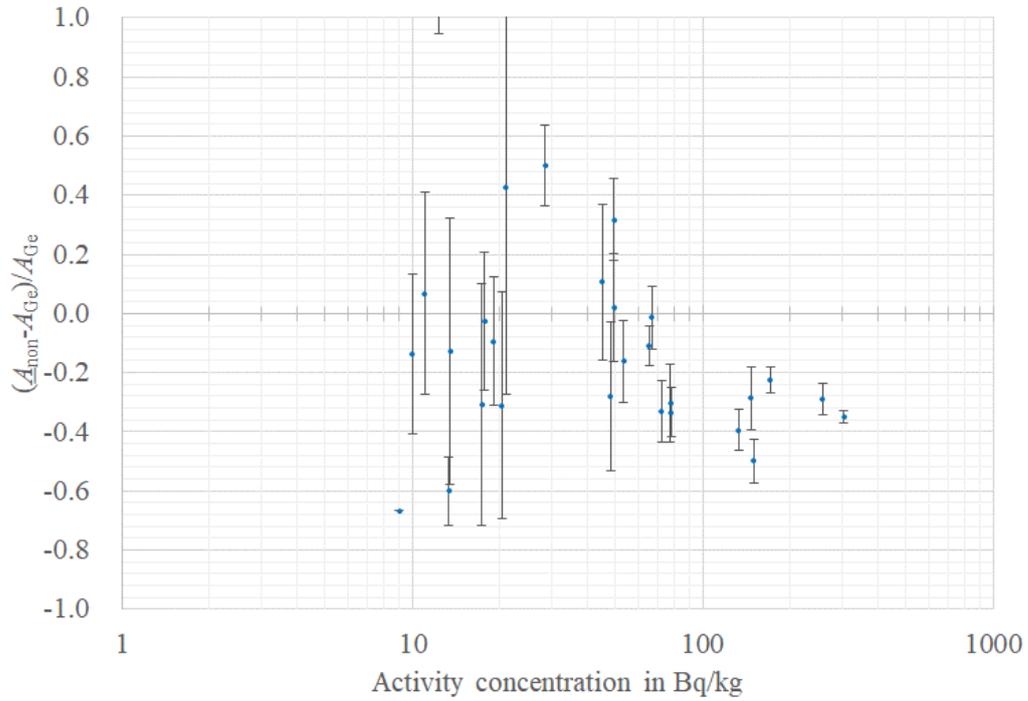


図 11 続き

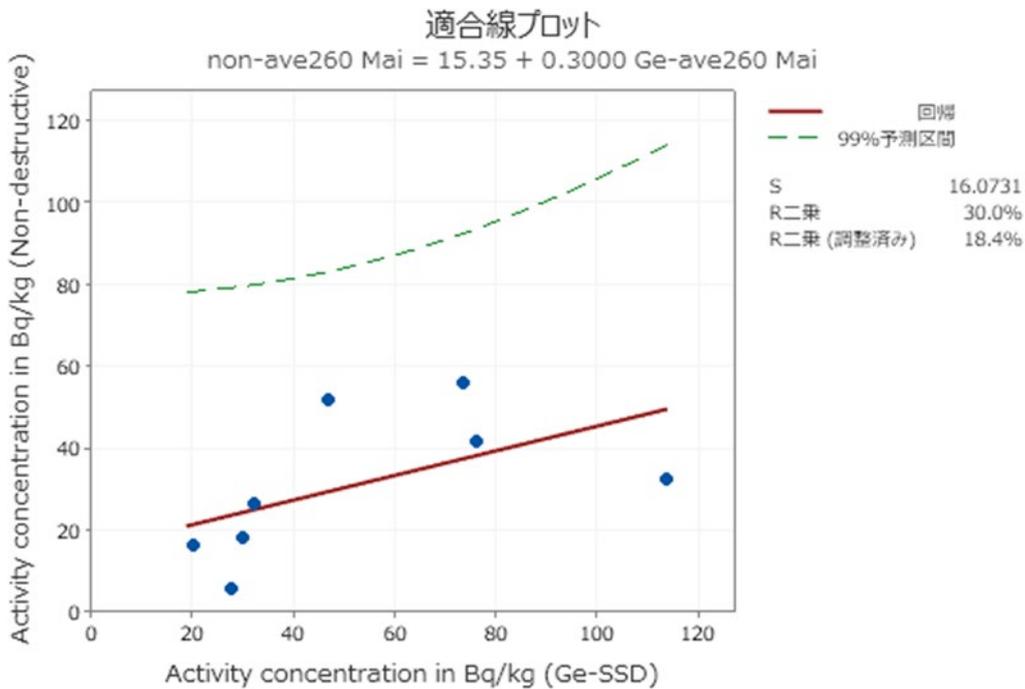
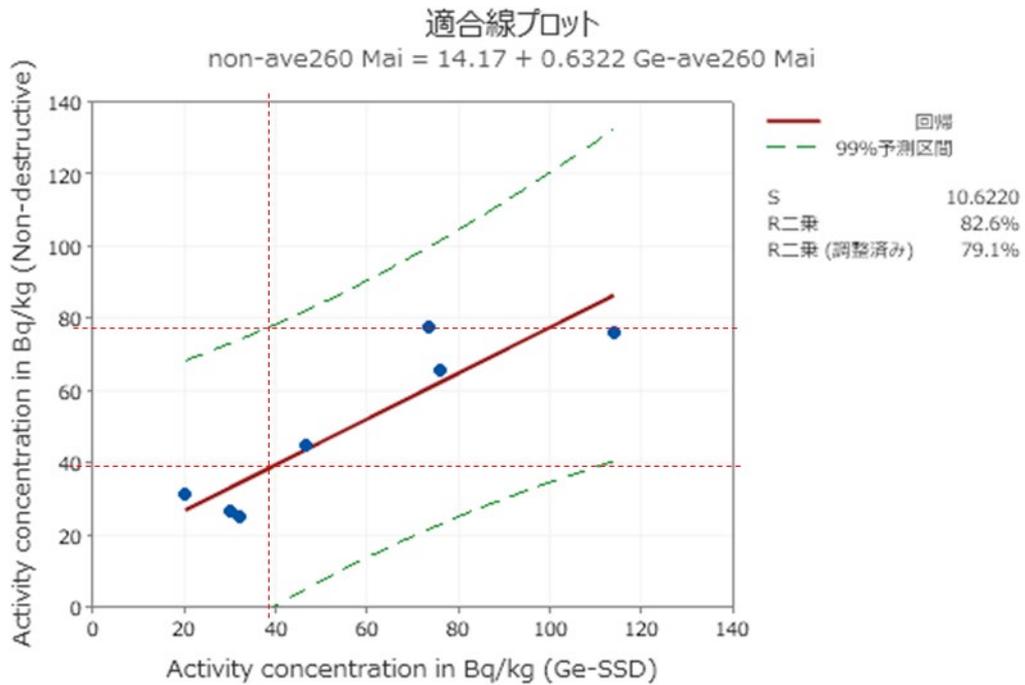


図 12-1 非破壊式装置（上段：FF1 下段：NDA2）と Ge 検出器の測定結果による
品目別回帰直線（マイタケ）

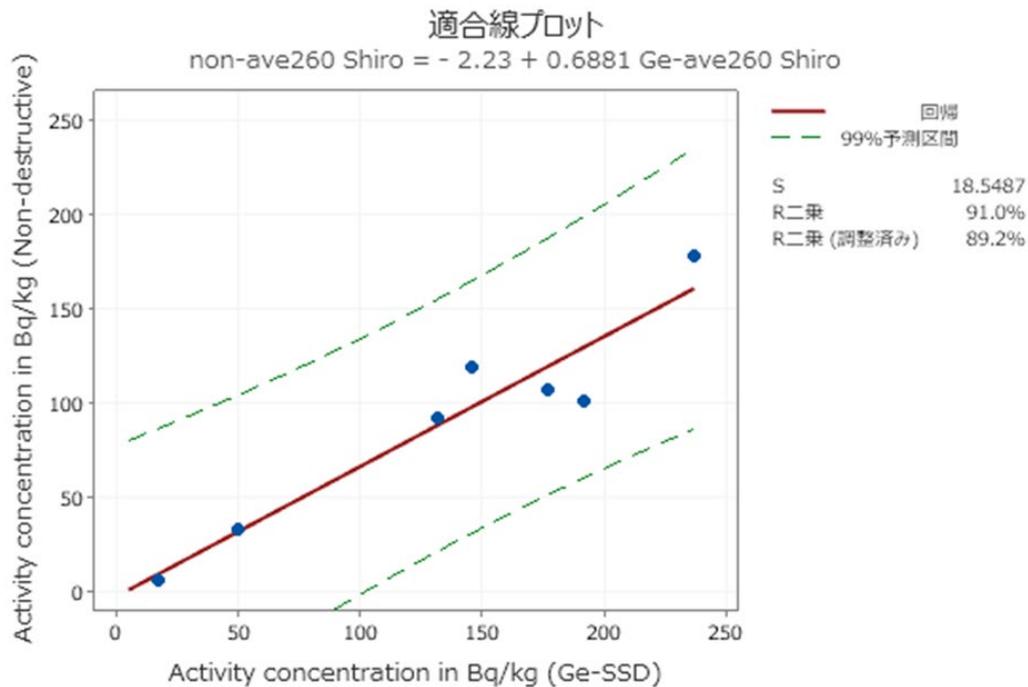
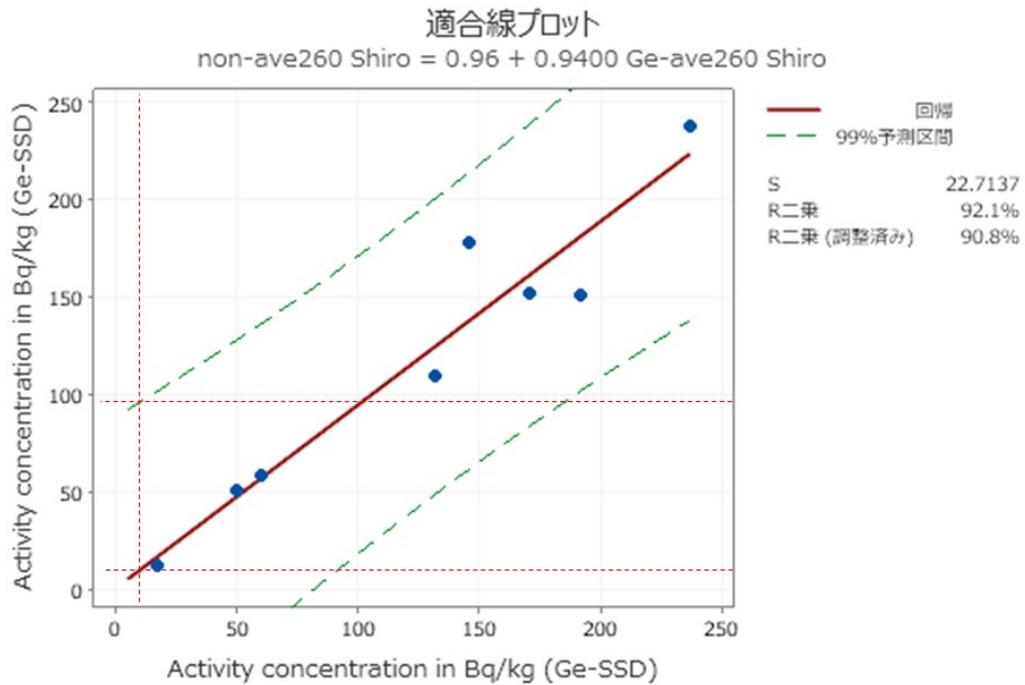


図 12-2 非破壊式装置（上段：FF1 下段：NDA2）と Ge 検出器の測定結果による品目別回帰直線（シロシメジ）

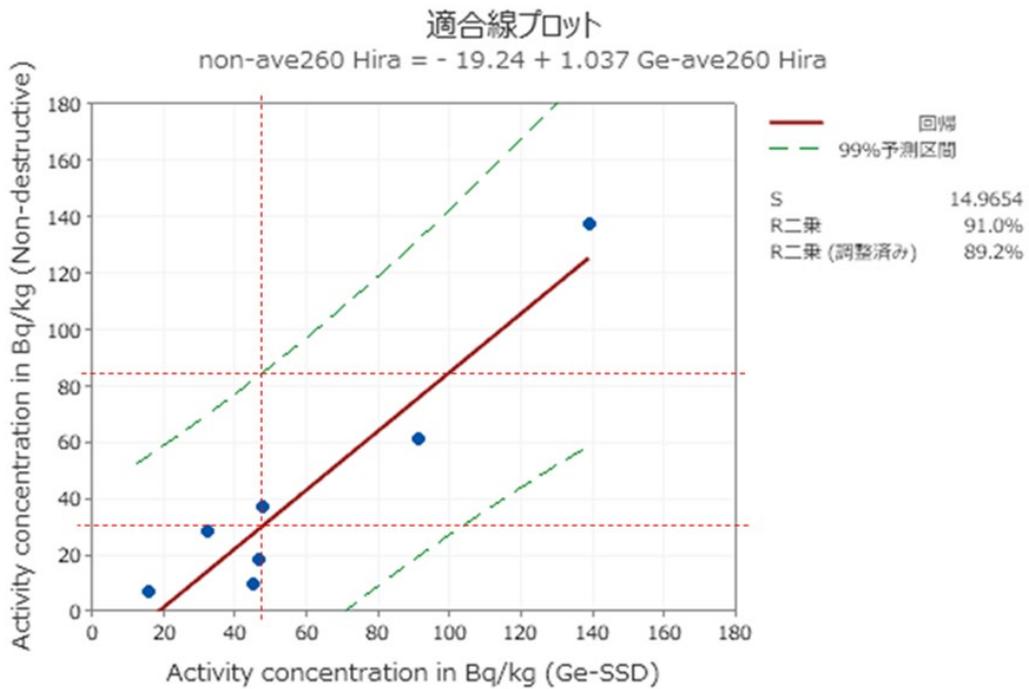
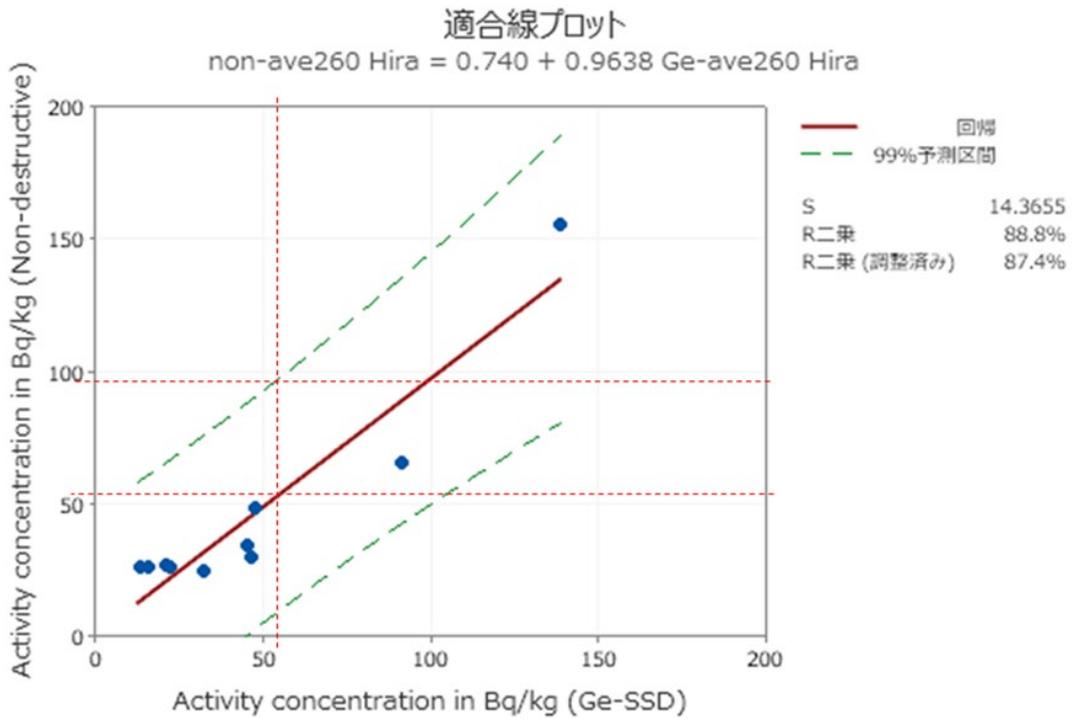


図 12-3 非破壊式装置（上段：FF1 下段：NDA2）と Ge 検出器の測定結果による
品目別回帰直線（ヒラタケ）

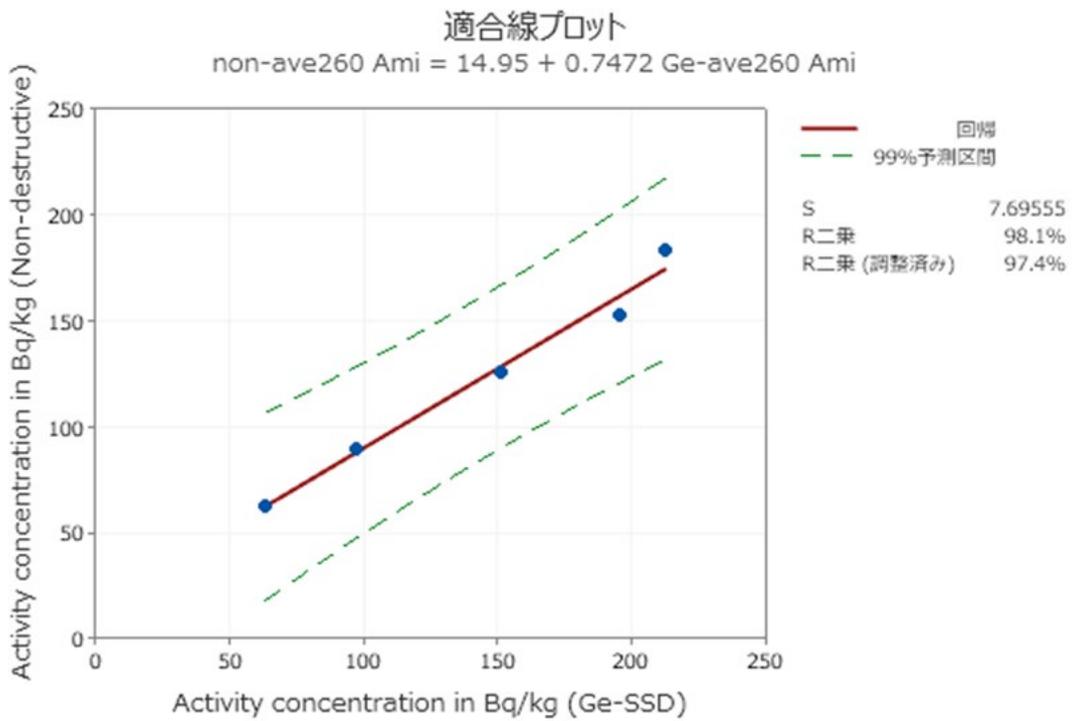
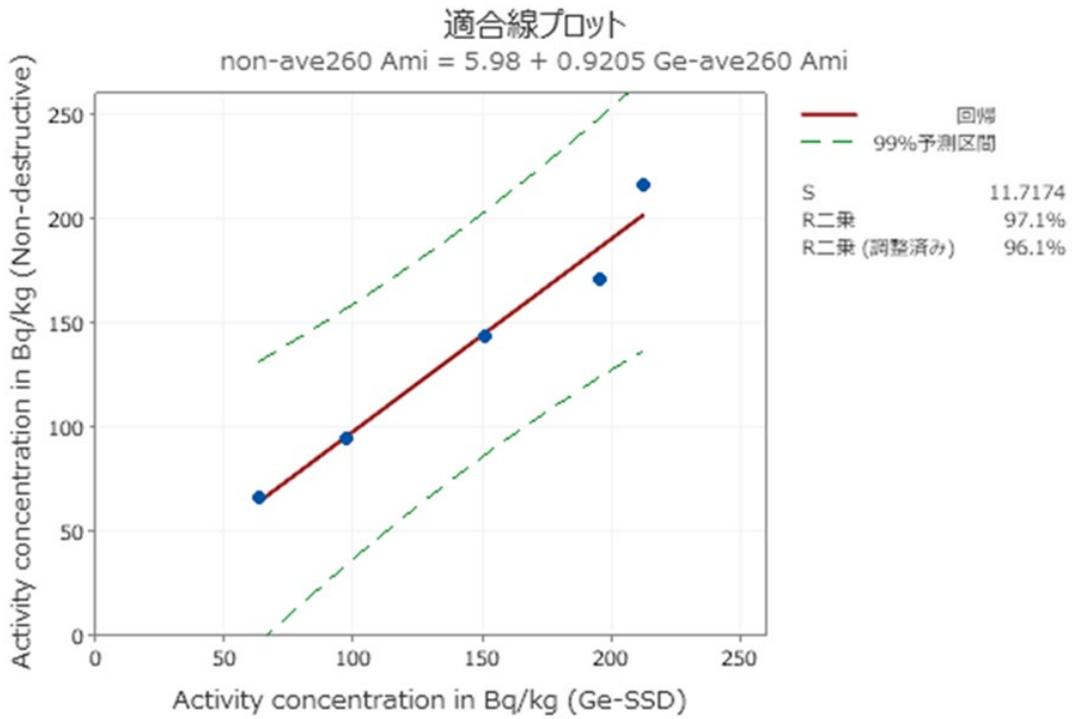


図 12-4 非破壊式装置（上段：FF1 下段：NDA2）と Ge 検出器の測定結果による品目別回帰直線（アミタケ）

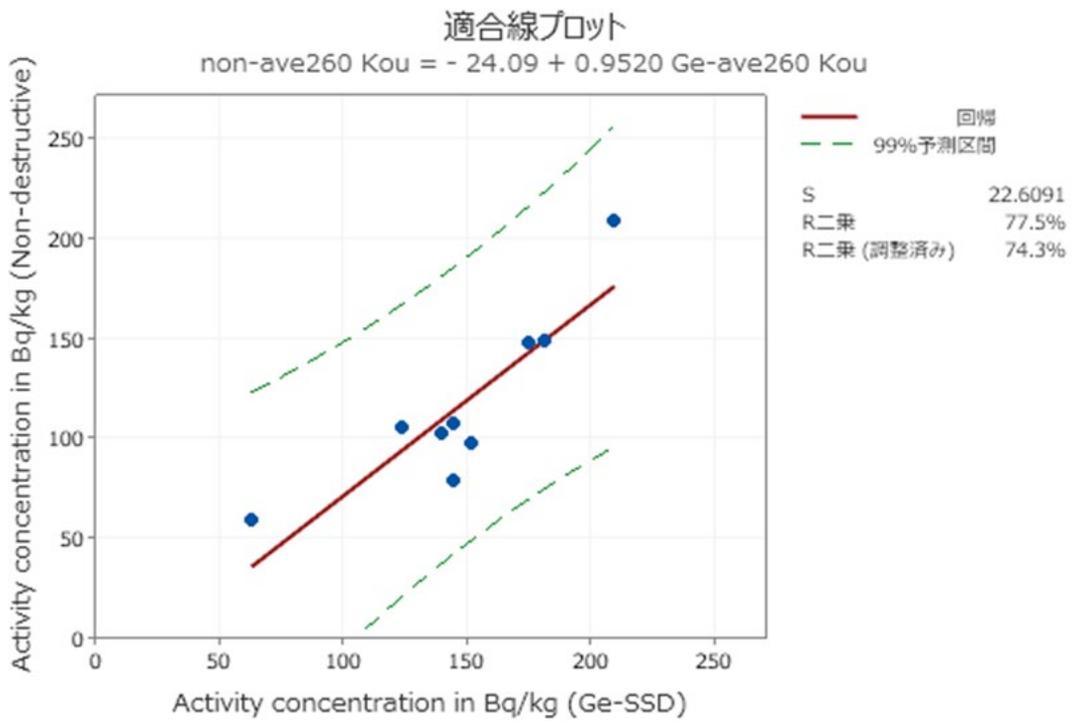
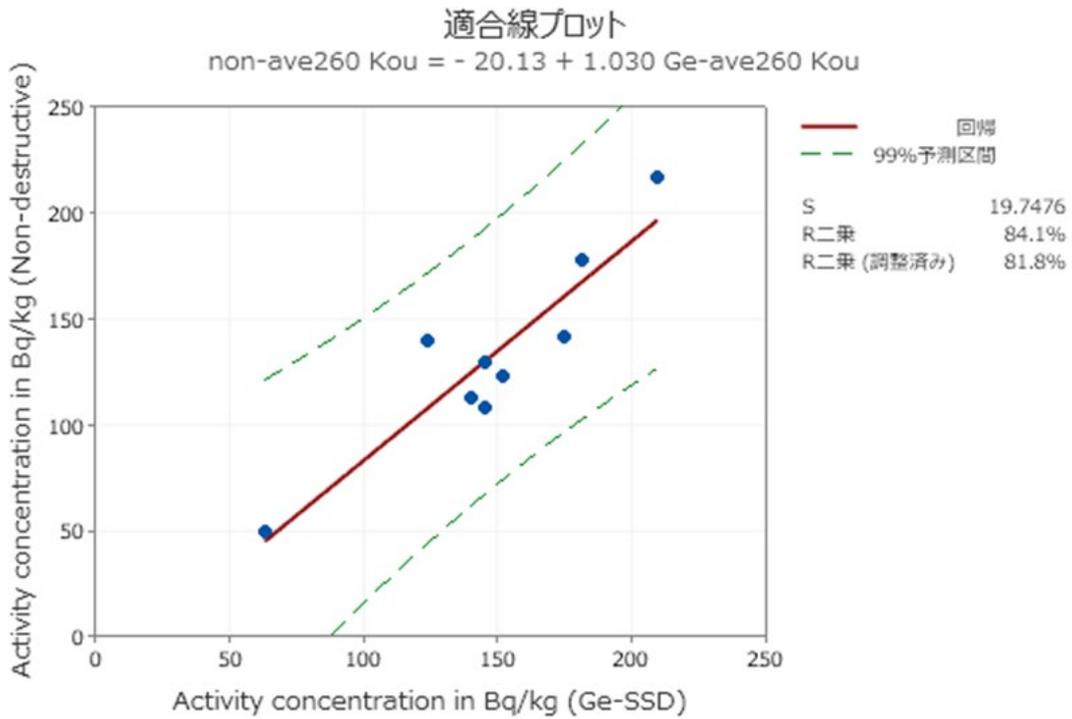


図 12-5 非破壊式装置（上段：FF1 下段：NDA2）と Ge 検出器の測定結果による品目別回帰直線（コウタケ）

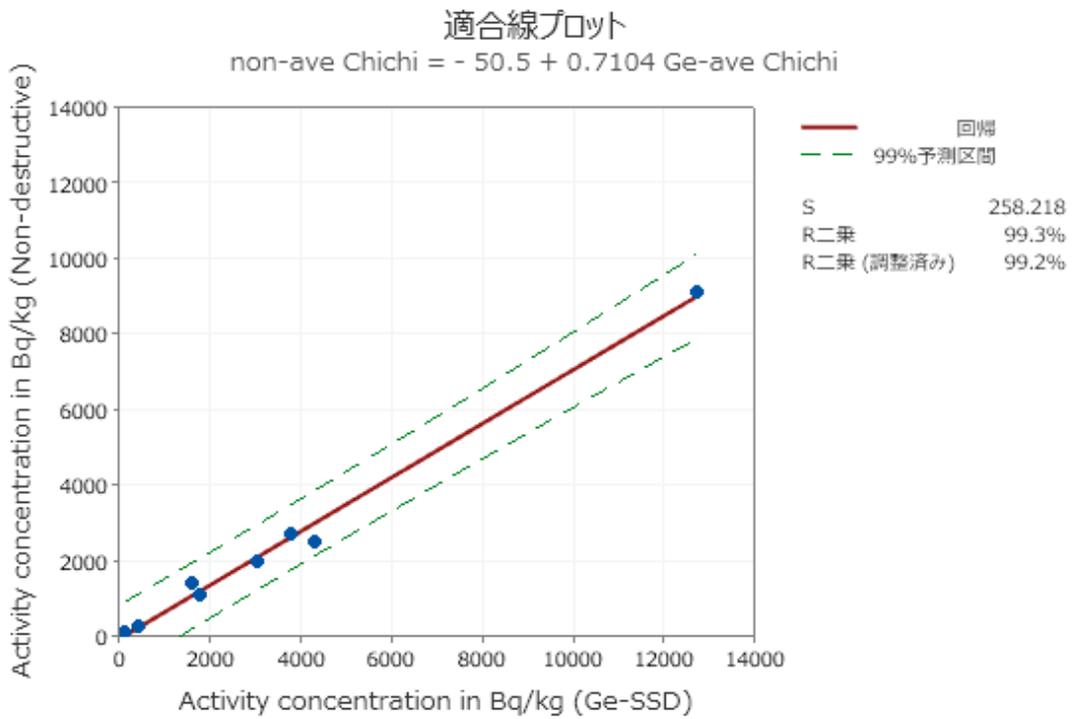
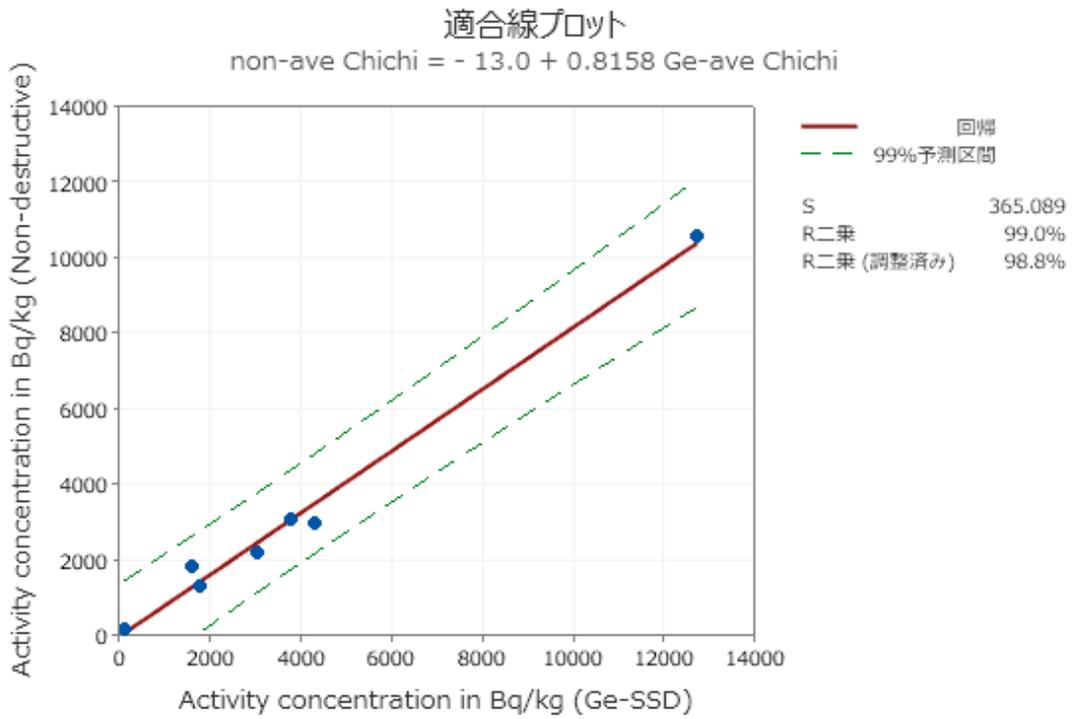


図 12-6 非破壊式装置（上段：FF1 下段：NDA2）と Ge 検出器の測定結果による品目別回帰直線（チチタケ）

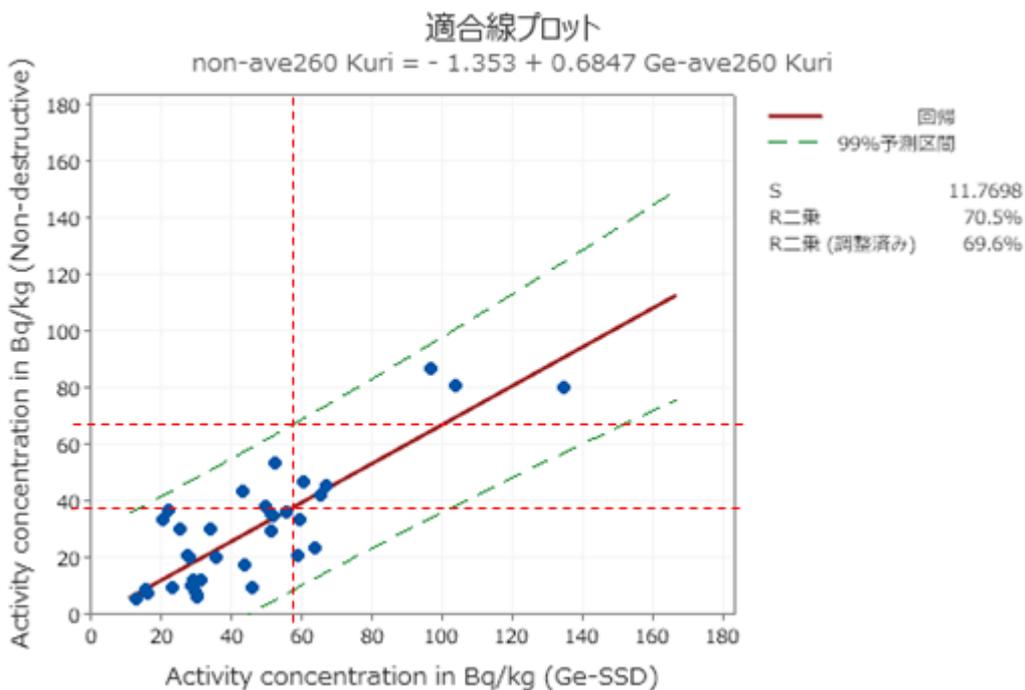
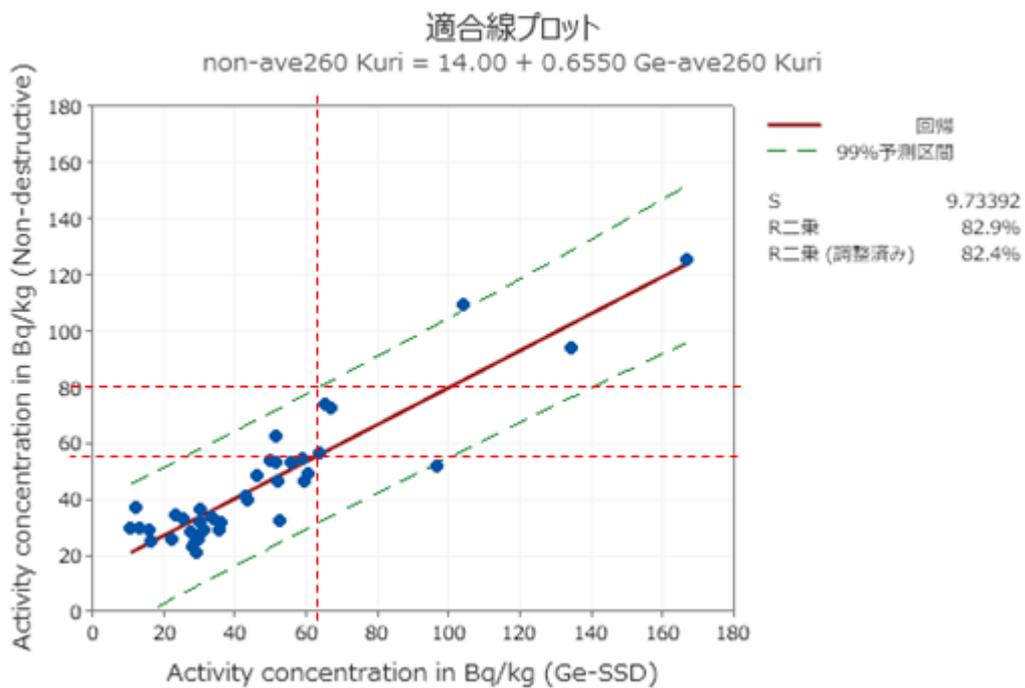


図 12-7 非破壊式装置（上段：FF1 下段：NDA2）と Ge 検出器の測定結果による
品目別回帰直線（クリタケ）

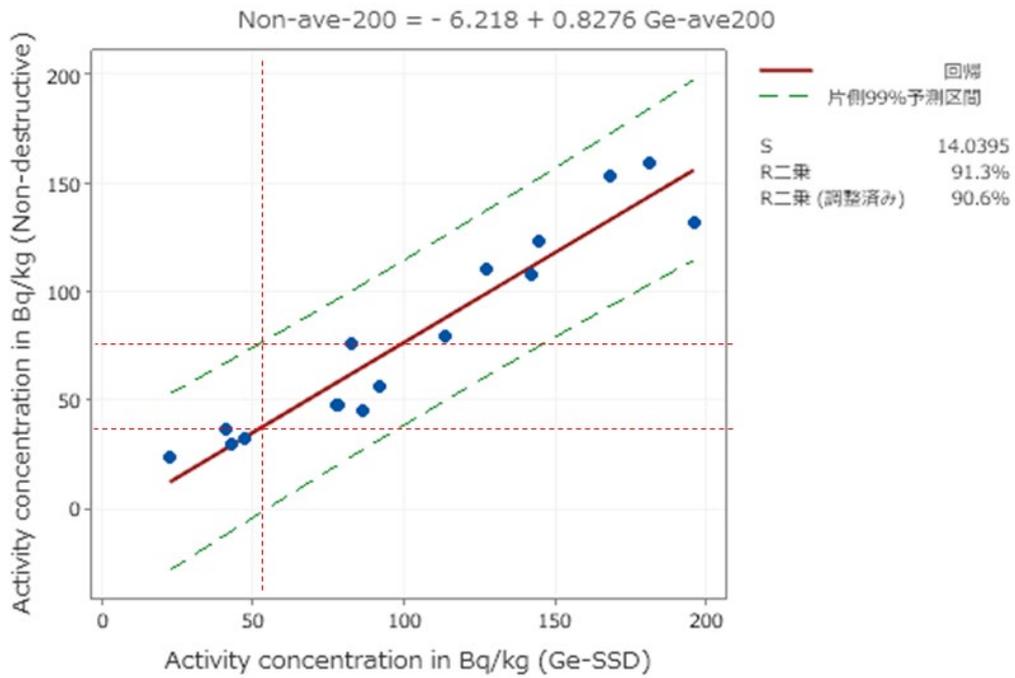


図 12-8 非破壊式装置 (FF1) と Ge 検出器の測定結果による
品目別回帰直線 (コシアブラ)

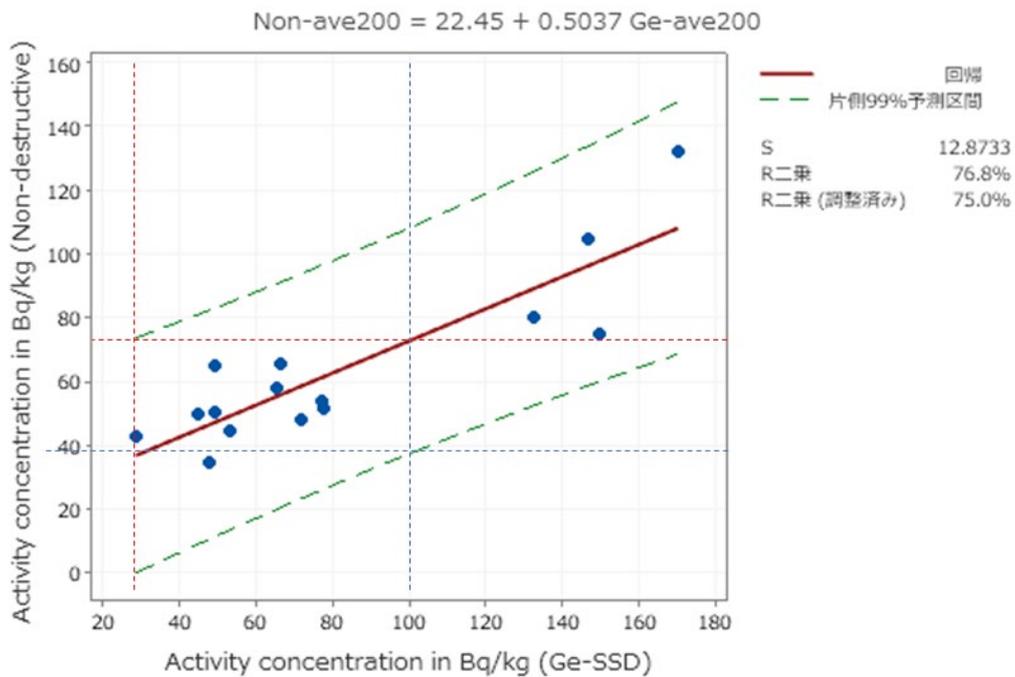


図 12-8 非破壊式装置 (FF1) と Ge 検出器の測定結果による
品目別回帰直線 (たらのめ)

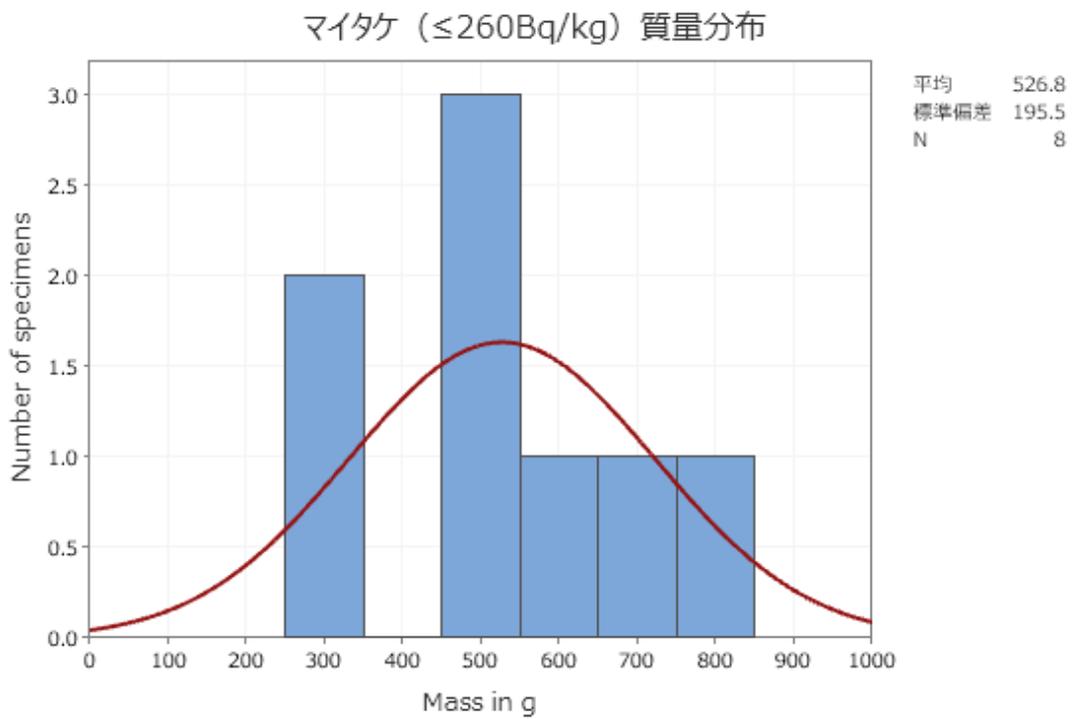


図 13-1 測定に用いたマイタケの重量分布

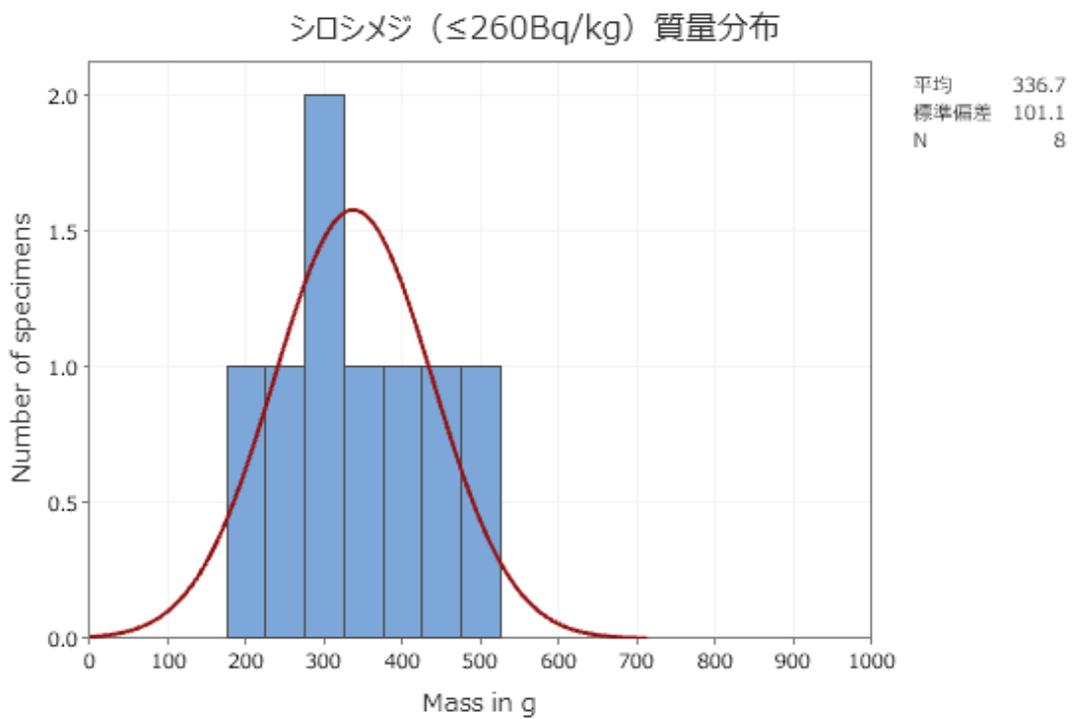


図 13-2 測定に用いたシロシメジの重量分布

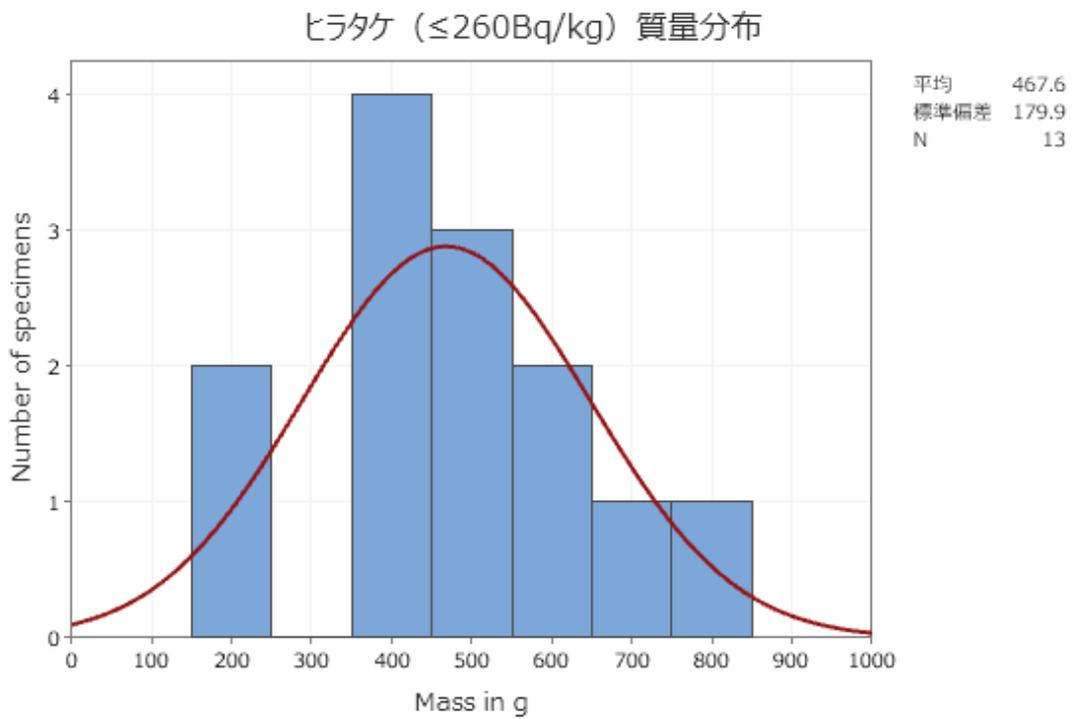


図 13-3 測定に用いたヒラタケの重量分布

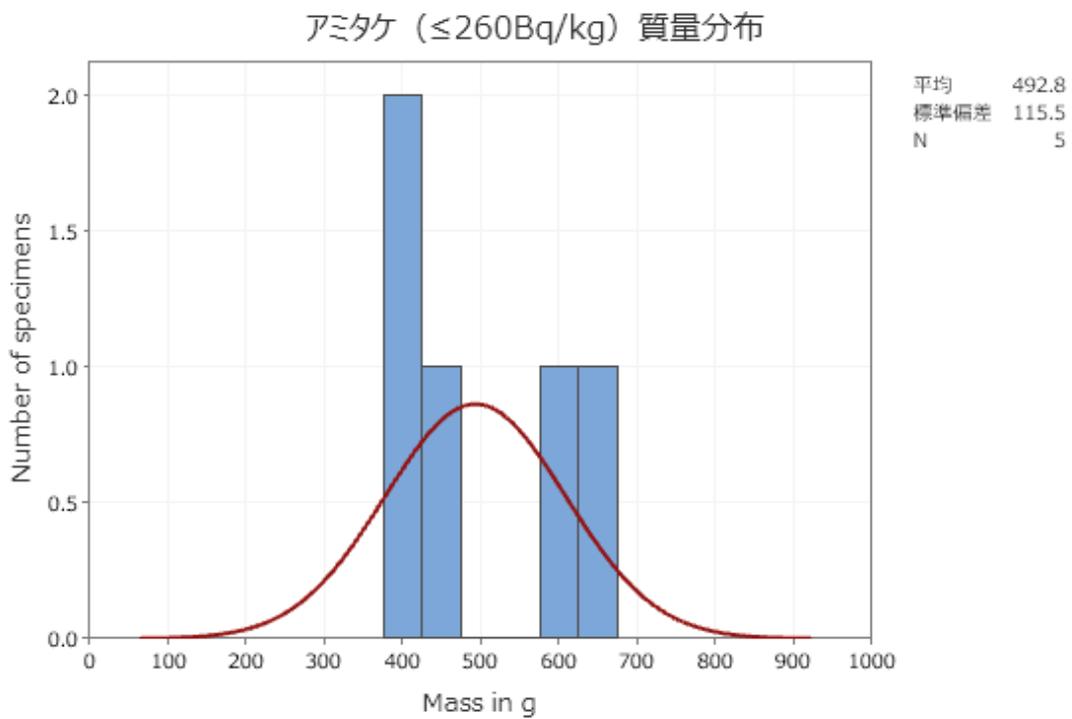


図 13-4 測定に用いたアマタケの重量分布

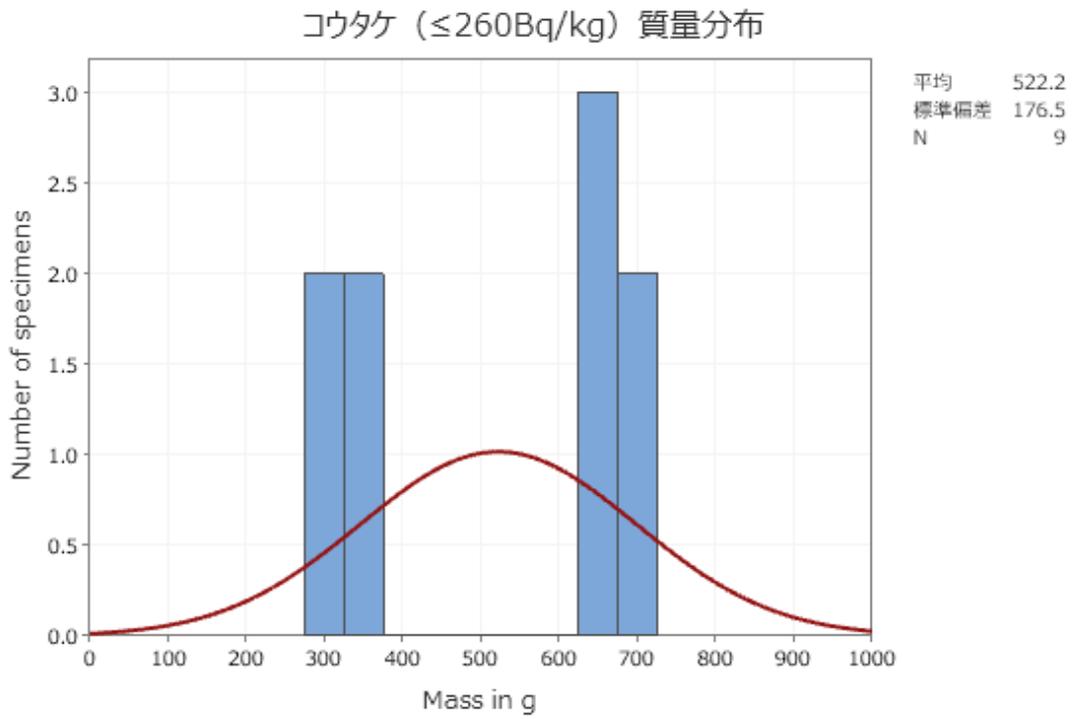


図 13-5 測定に用いたコウタケの重量分布

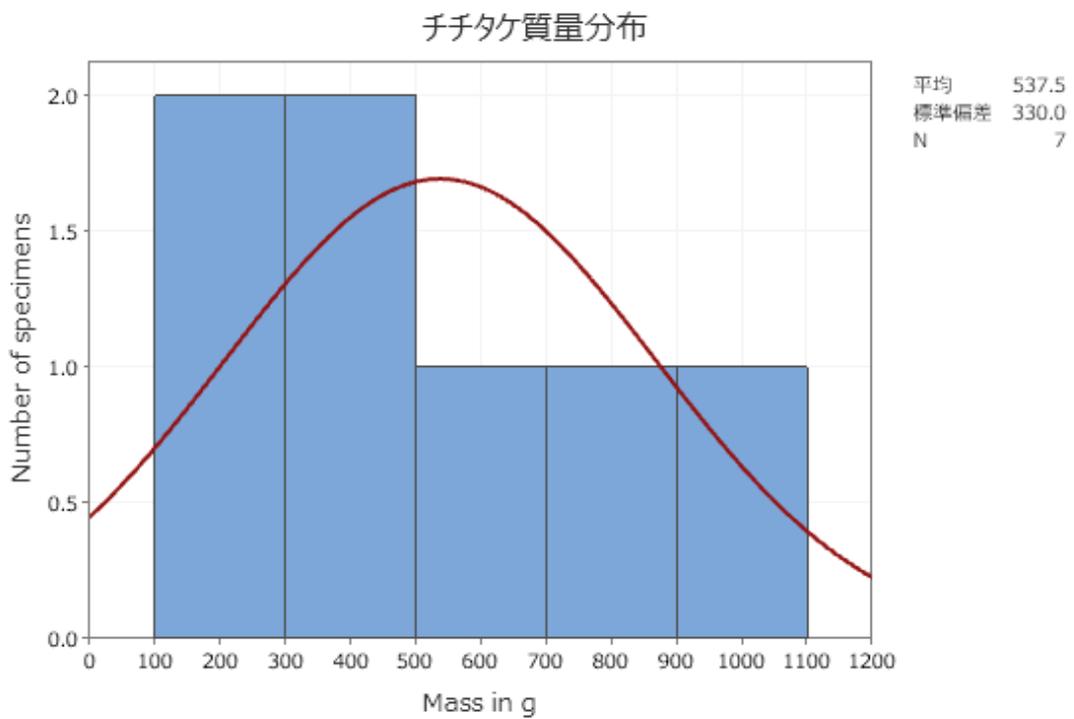


図 13-6 測定に用いたチチタケの重量分布

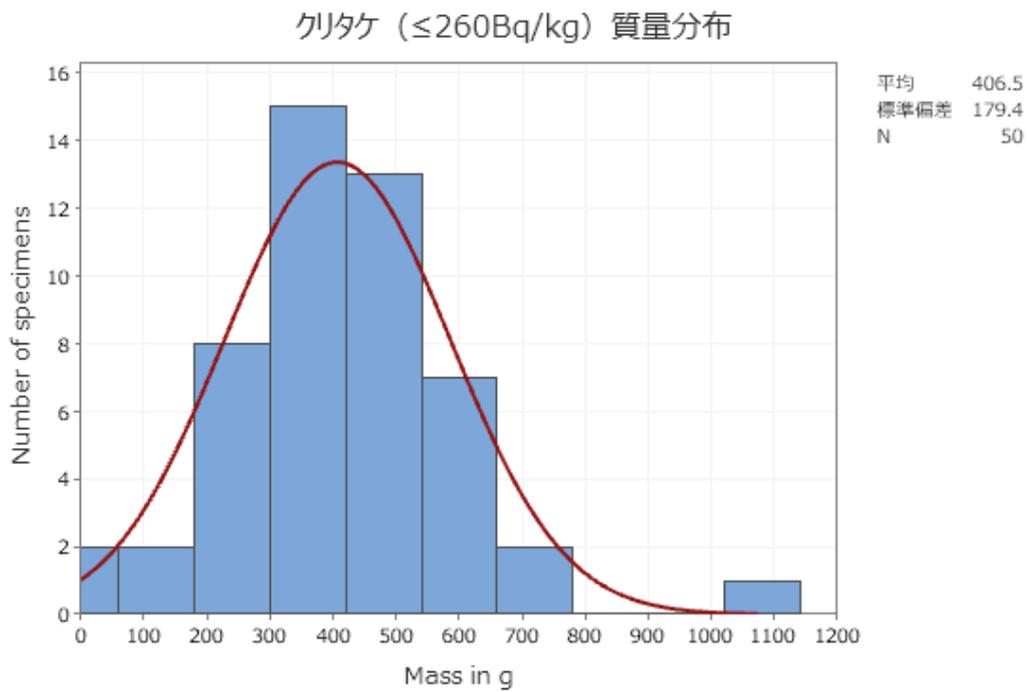


図 13-7 測定に用いたクリタケの重量分布

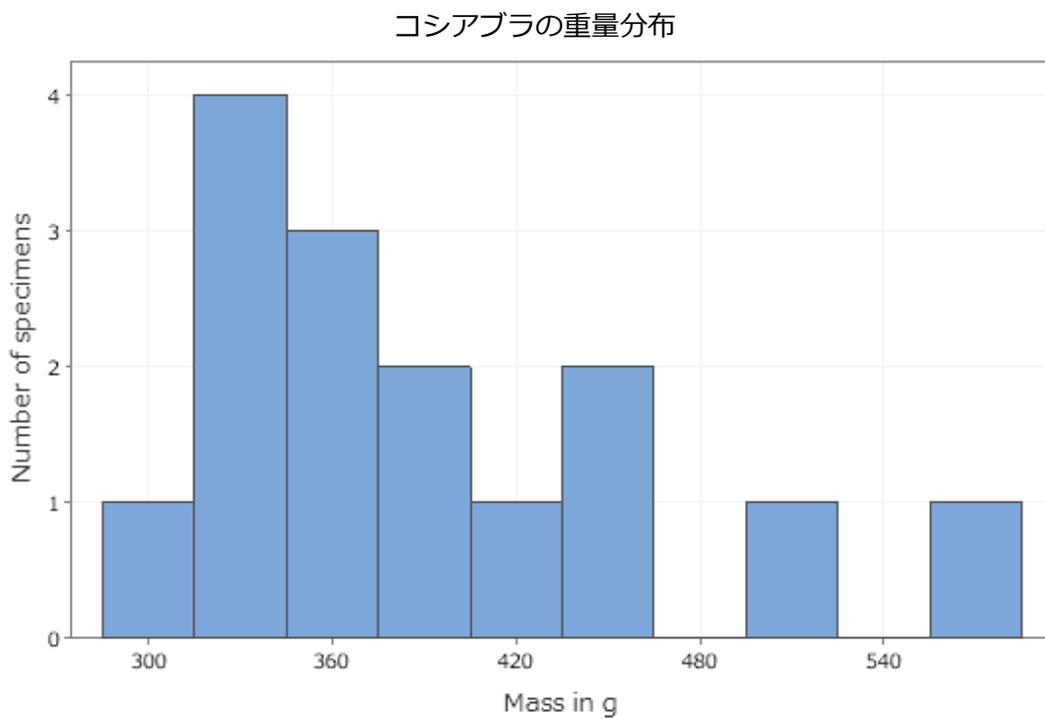


図 13-8 測定に用いたコシアブラの重量分布

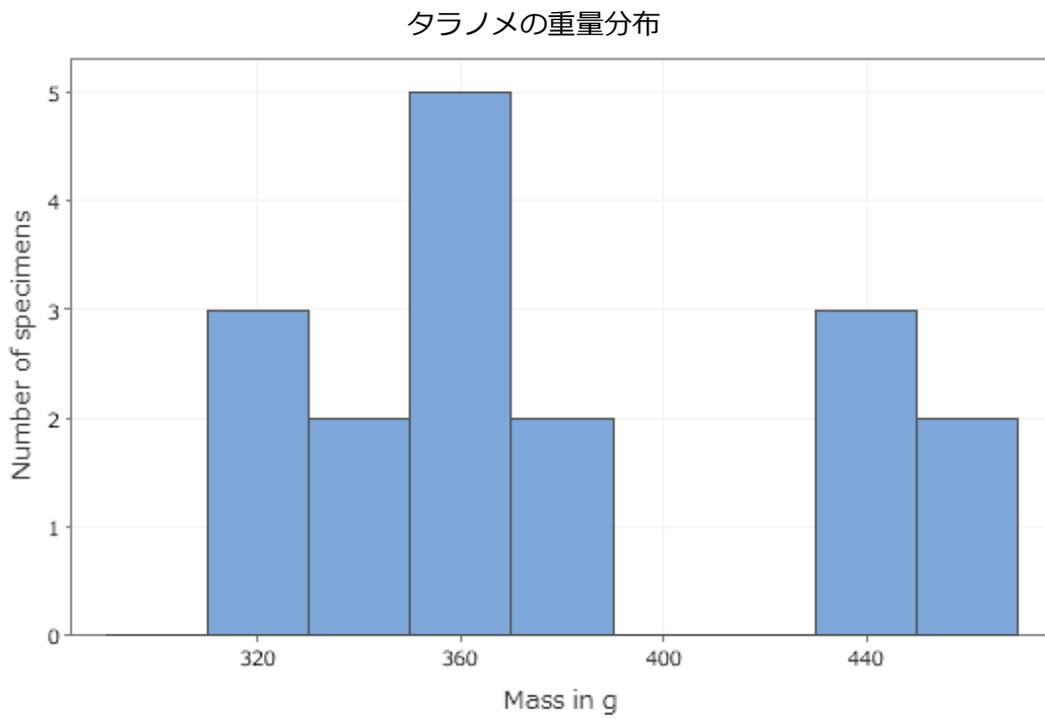


図 13-9 測定に用いたための重量分布

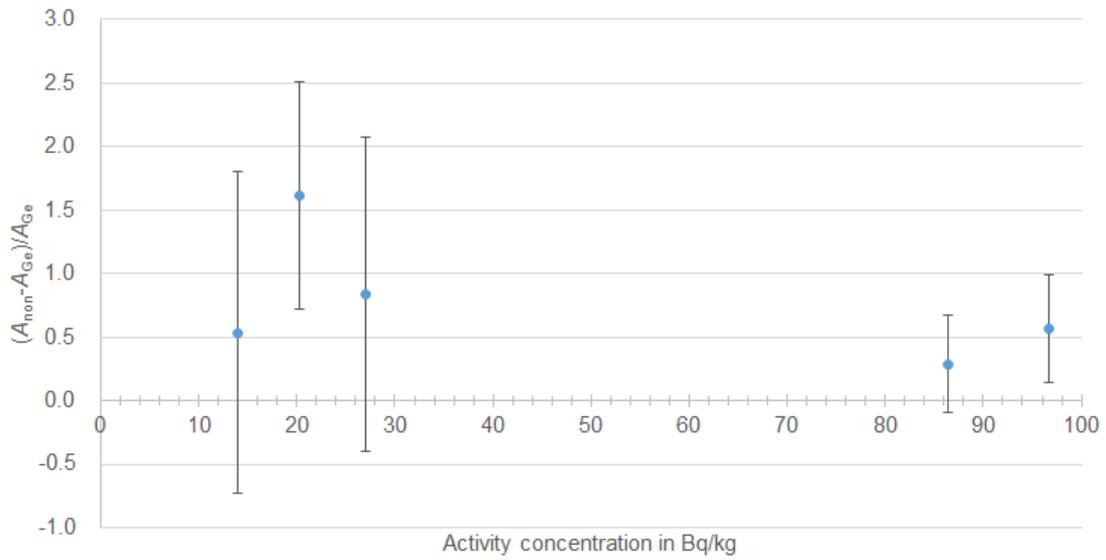


図 14-1 皮なしタケノコの測定結果の Ge 検出器による結果との差の比較 (A01)

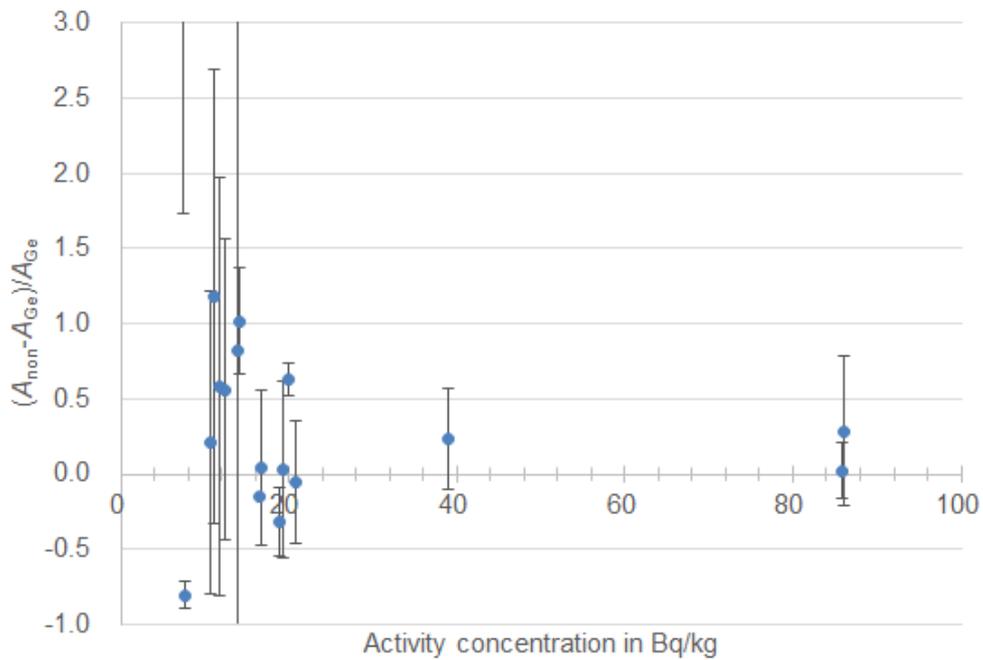


図 14-2 皮つきタケノコの測定結果の Ge 検出器による結果との差の比較 (A01) [7]

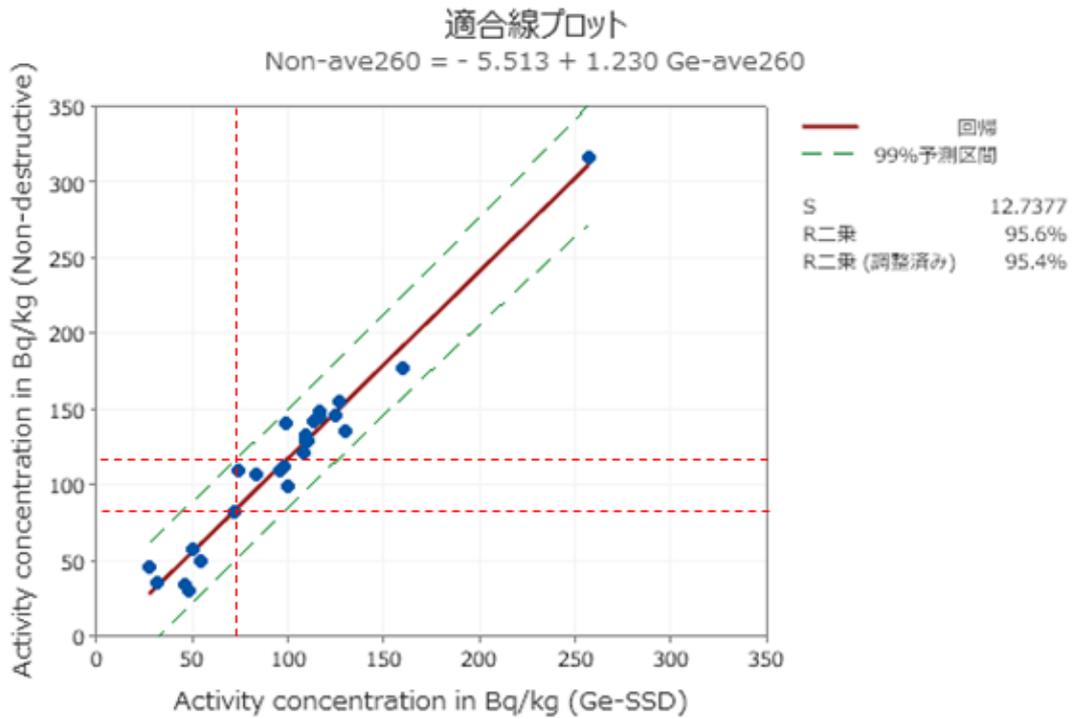


図 15 非破壊式装置 (FF1) と Ge 検出器の測定結果による
品目別回帰直線 (原木シイタケ)

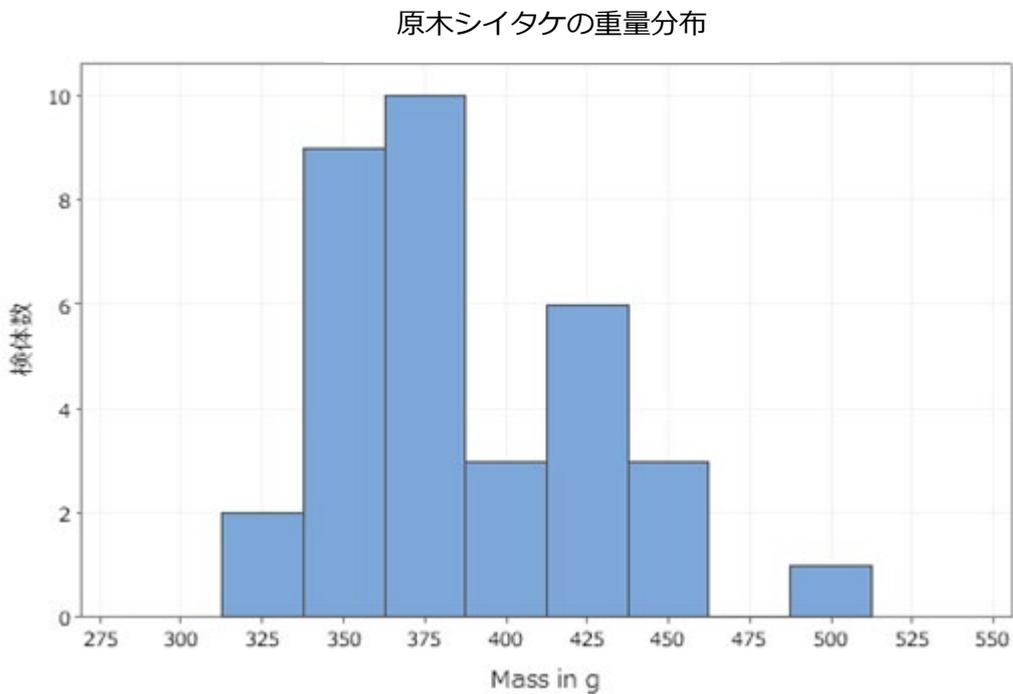


図 16 測定に用いた原木シイタケの重量分布

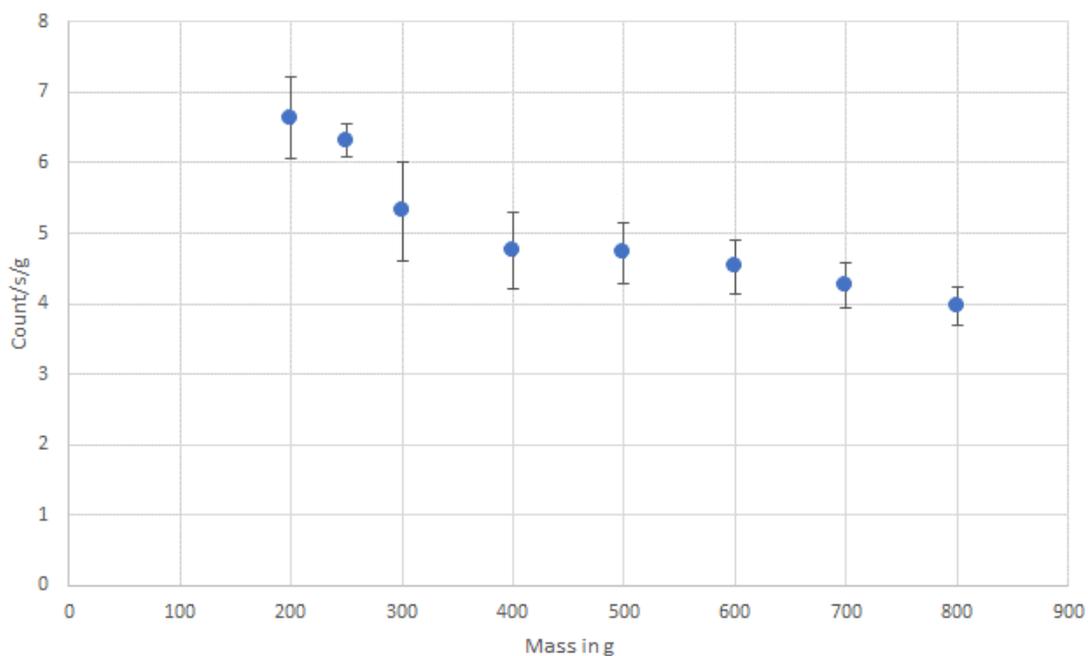


図 17-1 放射性アルミナ単位重量あたりの計数率と放射性アルミナ重量の関係 (FF1)

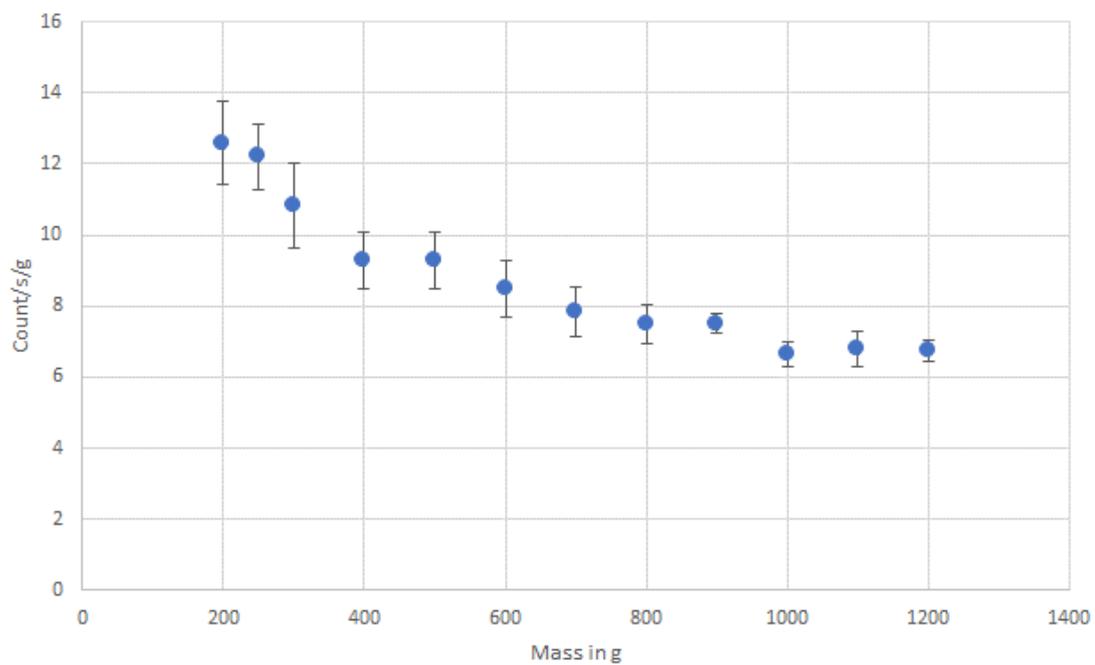


図 17-2 放射性アルミナ単位重量あたりの計数率と放射性アルミナ重量の関係 (NDA2)

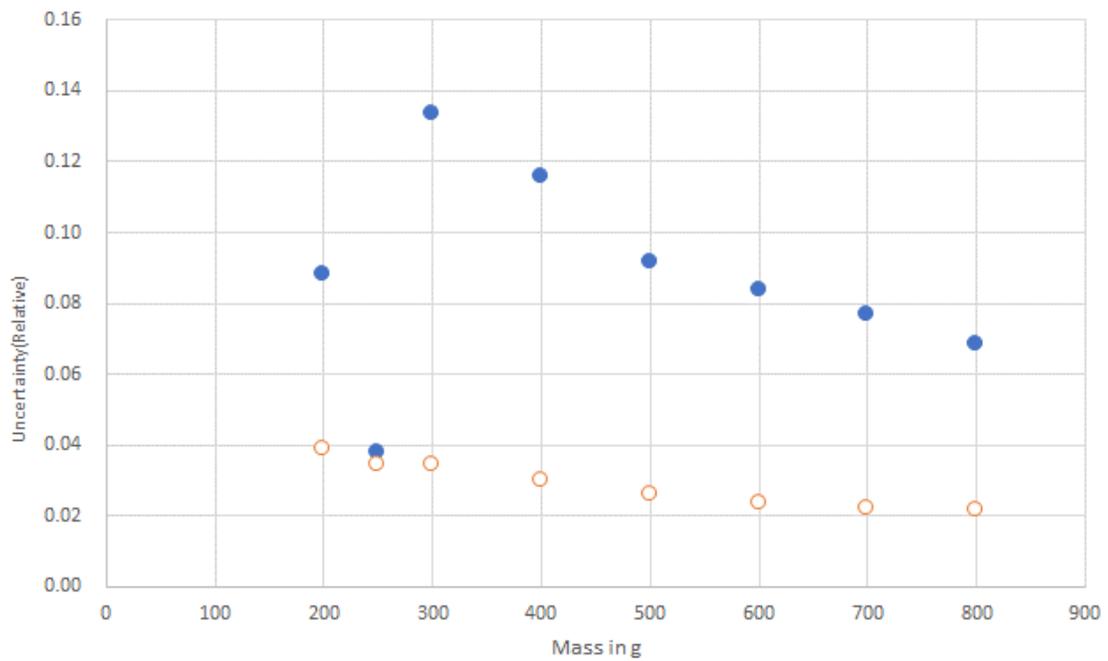


図 18-1 FF1 の 4 回測定で得られた変動計数 (●) 及び計数の統計のみに起因する不確かさ (○) とファントム試料の総重量の関係

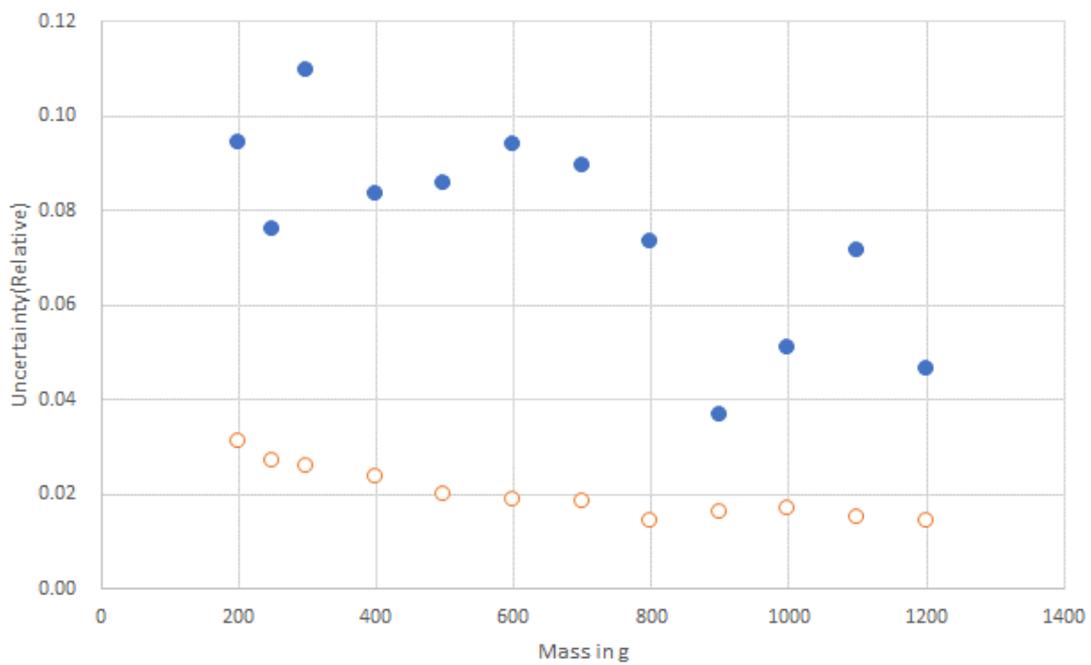


図 18-2 NDA2 の 4 回測定で得られた変動計数 (●) 及び計数の統計のみに起因する不確かさ (○) とファントム試料の総重量の関係

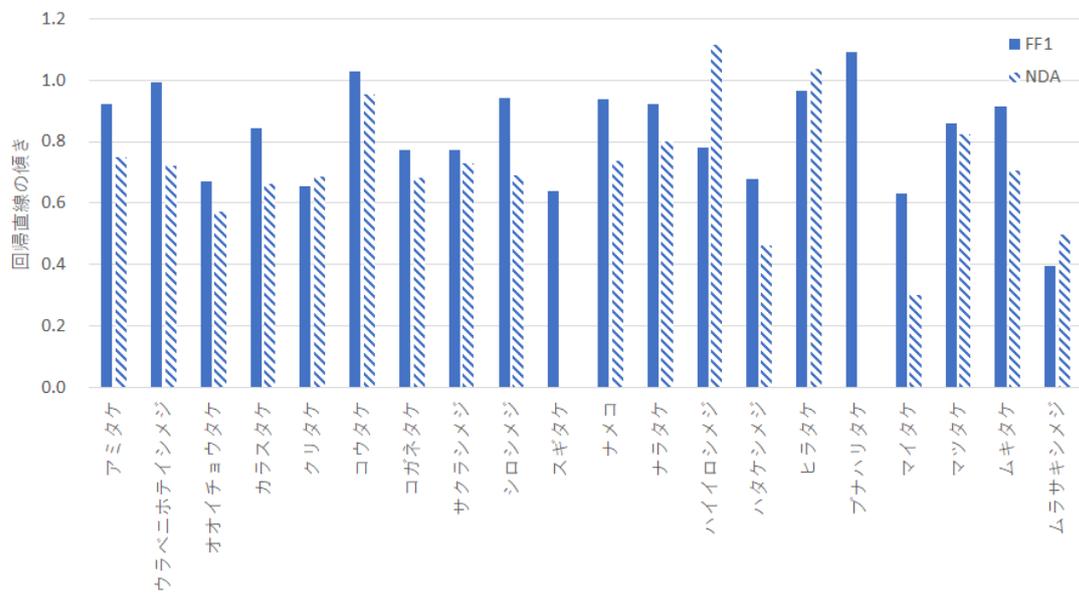


図 19 野生キノコ各品目に対する回帰直線の傾き

附属書 測定試料写真

アマタケ



Y1180-910-3_Aアマタケ



Y1180-910-3_Bアマタケ



Y1180-990-1_Aアマタケ



Y1180-990-1_Bアマタケ



Y1182-970-1_Aアマタケ



Y1182-970-1_Bアマタケ



Y1183-1-900-4_Aアマタケ



Y1183-1-900-4_Bアマタケ



Y1183-900-1_Aアマタケ



Y1183-1-900-5_Bアマタケ



Y1183-1-990-2_Aアマタケ



Y1183-1-990-2_Bアマタケ



Y1183-1-900-5_Aアマタケ



Y1183-900-1_Bアマタケ

ウラベニホテイシメジ



Y1183-1-990-5_Aウラベニホテイシメジ



Y1183-1-990-5_Bウラベニホテイシメジ

オオイチョウタケ



Y1166-930-1_Aオオイチョウタケ



Y1166-930-1_Bオオイチョウタケ



Y1173-930-5_Aオオイチョウタケ



Y1173-930-5_Bオオイチョウタケ



Y1174-930-2_Aオオイチョウタケ



Y1174-930-2_Bオオイチョウタケ



Y1177-940-1_Aオオイチョウタケ



Y1177-940-1_Bオオイチョウタケ



Y1178-990-1_Aオオイチョウタケ



Y1178-990-1_Bオオイチョウタケ



Y1182-990-1_Aオオイチョウタケ



Y1182-990-1_Bオオイチョウタケ

カラストケ



Y1176-970-1_Aカラストケ



Y1176-970-1_Bカラストケ



Y1176-970-2_Aカラストケ



Y1176-970-2_Bカラストケ



Y1177-900-1_Aカラストケ



Y1177-900-1_Bカラストケ



Y1177-900-2_Aカラストケ



Y1177-900-2_Bカラストケ



Y1181-1-900-2_Aカラストケ



Y1181-1-900-2_Bカラストケ



Y1181-1-900-10_Aカラストケ



Y1181-1-900-10_Bカラストケ

カワムラフウセンタケ



Y1175-1-900-1_Aカワムラフウセンタケ



Y1175-1-900-1_Bカワムラフウセンタケ

クリタケ



Y1180-910-2_Aクリタケ



Y1180-910-2_Bクリタケ



Y1185-900-2_Aクリタケ



Y1185-900-2_Bクリタケ



Y1185-910-3_Aクリタケ



Y1185-910-3_Bクリタケ



Y1185-980-3_Aクリタケ



Y1185-980-3_Bクリタケ



Y1185-980-4_Aクリタケ



Y1185-980-4_Bクリタケ



Y1187-4-1_Aクリタケ



Y1187-4-1_Bクリタケ



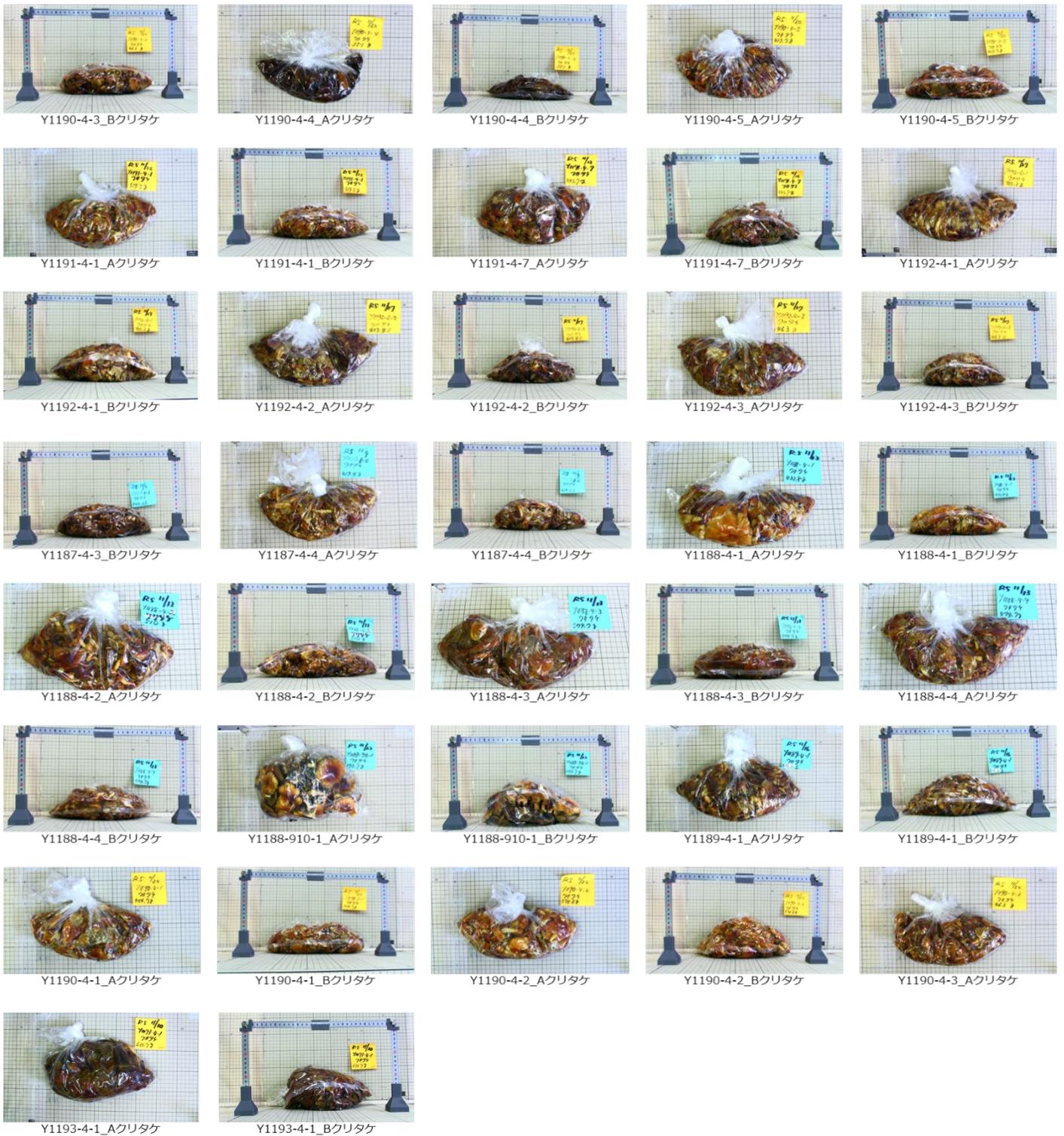
Y1187-4-2_Aクリタケ



Y1187-4-2_Bクリタケ



Y1187-4-3_Aクリタケ



コウタケ





Y1186-990-1_Bコウタケ

コガネタケ



Y1183-980-1_Aコガネタケ



Y1183-980-1_Bコガネタケ



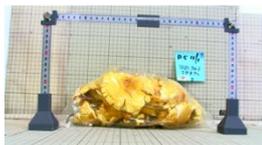
Y1183-980-2_Aコガネタケ



Y1183-980-2_Bコガネタケ



Y1185-900-3_Aコガネタケ



Y1185-900-3_Bコガネタケ



Y1185-980-1_Aコガネタケ



Y1185-980-1_Bコガネタケ



Y1185-980-2_Aコガネタケ



Y1185-980-2_Bコガネタケ



Y1188-950-1_Aコガネタケ



Y1188-950-1_Bコガネタケ



Y1188-950-2_Aコガネタケ



Y1188-950-2_Bコガネタケ



Y1190-980-1_Aコガネタケ



Y1190-980-1_Bコガネタケ



Y1190-980-2_Aコガネタケ



Y1190-980-2_Bコガネタケ

サクラシメジ



Y1181-1-900-1_Aサクラシメジ



Y1181-1-900-1_Bサクラシメジ



Y1181-1-900-4_Aサクラシメジ



Y1181-1-900-4_Bサクラシメジ



Y1181-1-900-7_Aサクラシメジ



Y1181-1-900-7_Bサクラシメジ



Y1181-1-900-8_Aサクラシメジ



Y1181-1-900-8_Bサクラシメジ



Y1183-1-990-6_Aサクラシメジ



Y1183-1-990-6_Bサクラシメジ

シロシメジ



Y1189-900-1_Aシロシメジ



Y1189-900-1_Bシロシメジ



Y1189-900-5_Aシロシメジ



Y1189-900-5_Bシロシメジ

ナメコ



Y1184-4-2_Aナメコ



Y1184-4-2_Bナメコ



Y1186-4-5_Aナメコ



Y1186-4-5_Bナメコ



Y1187-4-5_Aナメコ



Y1187-4-5_Bナメコ



Y1187-4-6_Aナメコ



Y1187-4-6_Bナメコ



Y1187-4-7_Aナメコ



Y1187-4-7_Bナメコ



Y1188-4-5_Aナメコ



Y1188-4-5_Bナメコ



Y1188-4-6_Aナメコ



Y1188-4-6_Bナメコ



Y1188-4-7_Aナメコ



Y1188-4-7_Bナメコ



Y1188-4-8_Aナメコ



Y1188-4-8_Bナメコ



Y1189-4-2_Aナメコ



Y1189-4-2_Bナメコ



Y1190-4-6_Aナメコ



Y1190-4-6_Bナメコ



Y1190-4-7_Aナメコ



Y1190-4-7_Bナメコ



Y1190-4-8_Aナメコ



Y1190-4-8_Bナメコ



Y1190-4-9_Aナメコ



Y1190-4-9_Bナメコ



Y1190-4-10_Aナメコ



Y1190-4-10_Bナメコ



Y1191-4-2_Aナメコ



Y1191-4-2_Bナメコ



Y1191-4-3_Aナメコ



Y1191-4-3_Bナメコ



Y1193-4-2_Aナメコ



Y1193-4-2_Bナメコ



Y1193-4-3_Aナメコ



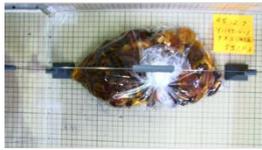
Y1193-4-3_Bナメコ



Y1194-4-1_Aナメコ



Y1194-4-1_Bナメコ



Y1195-4-1_Aナメコ



Y1195-4-1_Bナメコ

ナラタケ



Y1179-1-910-1_Aナラタケ



Y1179-1-910-1_Bナラタケ



Y1179-4-5_Aナラタケ



Y1179-4-5_Bナラタケ



Y1180-4-7_Aナラタケ



Y1180-4-7_Bナラタケ



Y1180-4-8_Aナラタケ



Y1180-4-8_Bナラタケ



Y1180-4-9_Aナラタケ



Y1180-4-9_Bナラタケ



Y1180-910-1_Aナラタケ



Y1180-910-1_Bナラタケ



Y1181-1-4-1_Aナラタケ



Y1181-1-4-1_Bナラタケ



Y1181-1-4-2_Aナラタケ



Y1181-1-4-2_Bナラタケ



Y1181-4-1_Aナラタケ



Y1181-4-1_Bナラタケ



Y1181-4-2_Aナラタケ



Y1181-4-2_Bナラタケ



Y1181-4-3_Aナラタケ



Y1181-4-3_Bナラタケ



Y1181-4-4_Aナラタケ



Y1181-4-4_Bナラタケ



Y1181-4-5_Aナラタケ



Y1181-4-5_Bナラタケ



Y1181-4-6_Aナラタケ



Y1181-4-6_Bナラタケ



Y1181-4-7_Aナラタケ



Y1181-4-7_Bナラタケ



Y1181-4-8_Aナラタケ



Y1181-4-8_Bナラタケ



Y1181-4-9_Aナラタケ



Y1181-4-9_Bナラタケ



Y1182-4-11_Aナラタケ



Y1182-4-11_Bナラタケ



Y1182-4-12_Aナラタケ



Y1182-4-12_Bナラタケ



Y1182-4-13_Aナラタケ



Y1182-4-13_Bナラタケ



Y1183-1-4-2_Aナラタケ



Y1183-1-4-2_Bナラタケ



Y1183-1-900-1_Aナラタケ



Y1183-1-900-1_Bナラタケ



Y1183-1-900-2_Aナラタケ



Y1183-1-900-2_Bナラタケ



Y1183-4-9_Aナラタケ



Y1183-4-9_Bナラタケ



Y1183-4-10_Aナラタケ



Y1183-4-10_Bナラタケ



Y1183-4-12_Aナラタケ



Y1183-4-12_Bナラタケ



Y1183-4-13_Aナラタケ



Y1183-4-13_Bナラタケ



Y1183-4-14_Aナラタケ



Y1183-4-14_Bナラタケ



Y1183-4-15_Aナラタケ



Y1183-4-15_Bナラタケ



Y1183-4-16_Aナラタケ



Y1183-4-16_Bナラタケ



Y1184-4-3_Aナラタケ



Y1184-4-3_Bナラタケ



Y1184-4-4_Aナラタケ



Y1184-4-4_Bナラタケ



Y1184-4-5_Bナラタケ



Y1184-4-5_ナラタケA



Y1184-4-6_Aナラタケ



Y1184-4-6_Bナラタケ



Y1184-4-8_Aナラタケ



Y1184-4-8_Bナラタケ



Y1184-923-1_Aナラタケ



Y1184-923-1_Bナラタケ



Y1185-900-1_Aナラタケ



Y1185-900-1_Bナラタケ



Y1185-910-4_Aナラタケ



Y1185-910-4_Bナラタケ



Y1186-4-1_Aナラタケ



Y1186-4-1_Bナラタケ



Y1186-4-2_Aナラタケ



Y1186-4-2_Bナラタケ



Y1186-4-3_Aナラタケ



Y1186-4-3_Bナラタケ



Y1186-4-4_Aナラタケ



Y1186-4-4_Bナラタケ



Y1188-4-9_Aナラタケ



Y1188-4-9_Bナラタケ



Y1188-923-1_Aナラタケ



Y1188-923-1_Bナラタケ

ハタケシメジ



Y1180-990-2_Aハタケシメジ



Y1180-990-2_Bハタケシメジ



Y1182-980-1_Aハタケシメジ



Y1182-980-1_Bハタケシメジ



Y1182-980-2_Aハタケシメジ



Y1182-980-2_Bハタケシメジ



Y1182-980-3_Aハタケシメジ



Y1182-980-3_Bハタケシメジ



Y1182-980-4_Aハタケシメジ



Y1182-980-4_Bハタケシメジ



Y1182-980-5_Aハタケシメジ



Y1182-980-5_Bハタケシメジ



Y1183-1-923-1_Aハタケシメジ



Y1183-1-923-1_Bハタケシメジ



Y1184-990-1_Aハタケシメジ



Y1184-990-1_Bハタケシメジ



Y1187-960-1_Aハタケシメジ



Y1187-960-1_Bハタケシメジ



Y1188-923-2_Aハタケシメジ



Y1188-923-2_Bハタケシメジ



Y1188-950-3_Aハタケシメジ



Y1188-950-3_Bハタケシメジ

ヒラタケ



Y1178-4-1_Aヒラタケ



Y1178-4-1_Bヒラタケ



Y1179-4-1_Aヒラタケ



Y1179-4-1_Bヒラタケ



Y1187-4-17_Aヒラタケ



Y1187-4-17_Bヒラタケ



Y1188-4-10_Aヒラタケ



Y1188-4-10_Bヒラタケ



Y1189-4-4_Aヒラタケ



Y1189-4-4_Bヒラタケ



Y1189-4-5_Aヒラタケ



Y1189-4-5_Bヒラタケ



Y1189-4-6_Aヒラタケ



Y1189-4-6_Bヒラタケ



Y1189-4-7_Aヒラタケ



Y1189-4-7_Bヒラタケ



Y1189-4-8_Aヒラタケ



Y1189-4-8_Bヒラタケ



Y1190-4-12_Aヒラタケ



Y1190-4-12_Bヒラタケ



Y1190-4-13_Aヒラタケ



Y1190-4-13_Bヒラタケ



Y1190-4-14_Aヒラタケ



Y1190-4-14_Bヒラタケ



Y1191-4-4_Aヒラタケ



Y1191-4-4_Bヒラタケ



Y1192-4-4_Aヒラタケ



Y1192-4-4_Bヒラタケ



Y1192-4-5_Aヒラタケ



Y1192-4-5_Bヒラタケ



Y1192-4-6_Aヒラタケ



Y1192-4-6_Bヒラタケ



Y1193-4-4_Aヒラタケ



Y1193-4-4_Bヒラタケ



Y1193-4-5_Aヒラタケ



Y1193-4-5_Bヒラタケ



Y1193-4-6_Aヒラタケ



Y1193-4-6_Bヒラタケ

ブナハリタケ



Y1175-1-4-1_Aブナハリタケ



Y1175-1-4-1_Bブナハリタケ



Y1177-4-10_Aブナハリタケ



Y1177-4-10_Bブナハリタケ



Y1177-4-11_Aブナハリタケ



Y1177-4-11_Bブナハリタケ



Y1177-4-12_Aブナハリタケ



Y1177-4-12_Bブナハリタケ



Y1178-4-2_Aブナハリタケ



Y1178-4-2_Bブナハリタケ



Y1179-4-2_Aブナハリタケ



Y1179-4-2_Bブナハリタケ



Y1179-4-3_Aブナハリタケ



Y1179-4-3_Bブナハリタケ



Y1179-4-4_Aブナハリタケ



Y1179-4-4_Bブナハリタケ



Y1180-4-12_Aブナハリタケ



Y1180-4-12_Bブナハリタケ



Y1180-4-13_Aブナハリタケ



Y1180-4-13_Bブナハリタケ



Y1180-4-14_Aブナハリタケ



Y1180-4-14_Bブナハリタケ



Y1181-1-4-3_Aブナハリタケ



Y1181-1-4-3_Bブナハリタケ



Y1181-1-4-4_Aブナハリタケ



Y1181-1-4-4_Bブナハリタケ



Y1181-1-4-5_Aブナハリタケ



Y1181-1-4-5_Bブナハリタケ



Y1181-4-10_Aブナハリタケ



Y1181-4-10_Bブナハリタケ



Y1182-4-7_Aブナハリタケ



Y1182-4-7_Bブナハリタケ



Y1182-4-9_Aブナハリタケ



Y1182-4-9_Bブナハリタケ



Y1183-4-11_Aブナハリタケ



Y1183-4-11_Bブナハリタケ



Y1184-4-10_Aブナハリタケ



Y1184-4-10_Bブナハリタケ



Y1184-4-11_Aブナハリタケ



Y1184-4-11_Bブナハリタケ

マイタケ



Y1174-2-1_Aマイタケ



Y1174-2-1_Bマイタケ



Y1175-1-4-2_Aマイタケ



Y1175-1-4-2_Bマイタケ



Y1177-1-4-1_Aマイタケ



Y1177-1-4-1_Bマイタケ



Y1177-1-4-2_Aマイタケ



Y1177-1-4-2_Bマイタケ



Y1177-4-13_Aマイタケ



Y1177-4-13_Bマイタケ



Y1181-4-11_Aマイタケ



Y1181-4-11_Bマイタケ



Y1182-4-10_Aマイタケ



Y1182-4-10_Bマイタケ



Y1184-4-12_Aマイタケ



Y1184-4-12_Bマイタケ



Y1185-4-9_Aマイタケ



Y1185-4-9_Bマイタケ



Y1185-910-5_Aマイタケ



Y1185-910-5_Bマイタケ

マツタケ



Y1183-1-950-1_Aマツタケ



Y1183-1-950-1_Bマツタケ



Y1183-1-950-2_Aマツタケ



Y1183-1-950-2_Bマツタケ



Y1183-1-990-1_Aマツタケ



Y1183-1-990-1_Bマツタケ

ムキタケ



Y1184-4-14_Aムキタケ



Y1184-4-14_Bムキタケ



Y1185-4-11_Aムキタケ



Y1185-4-11_Bムキタケ



Y1185-910-1_Aムキタケ



Y1185-910-1_Bムキタケ



Y1187-4-19_Aムキタケ



Y1187-4-19_Bムキタケ



Y1189-900-2_Aムキタケ



Y1189-900-2_Bムキタケ



Y1189-900-3_Aムキタケ



Y1189-900-3_Bムキタケ



Y1189-900-4_Aムキタケ



Y1189-900-4_Bムキタケ



Y1189-900-6_Aムキタケ



Y1189-900-6_Bムキタケ



Y1189-900-7_Aムキタケ



Y1189-900-7_Bムキタケ



Y1191-4-5_Aムキタケ



Y1191-4-5_Bムキタケ



Y1191-4-6_Aムキタケ



Y1191-4-6_Bムキタケ



Y1193-4-7_Aムキタケ



Y1193-4-7_Bムキタケ

ムラサキシメジ



Y1173-1-930-1_Aムラサキシメジ



Y1173-1-930-1_Bムラサキシメジ

